

Zur Qualitätsausbildung und Qualitätserhaltung gartenbaulicher Produkte (am Beispiel von *Asparagus officinalis* L.)

Dissertation

**zur Erlangung des akademischen Grades
doctor rerum horticumarum
(Dr. rer. hort.)**

eingereicht an der
Landwirtschaftlich- Gärtnerischen Fakultät
der Humboldt-Universität zu Berlin

von
Alaa Abd El-Gaber Badawi Masoud
Geboren in Sohag, Ägypten

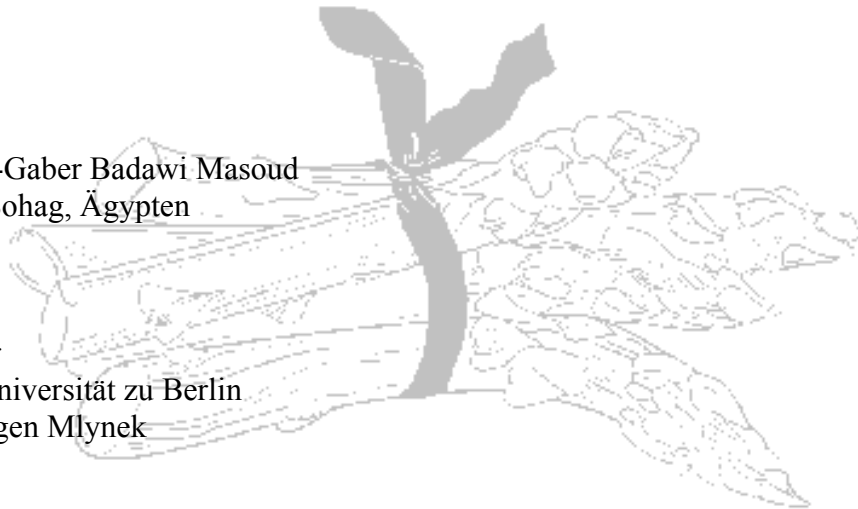
Präsident der
Humboldt-Universität zu Berlin
Prof. Dr. Jürgen Mlynek

Dekan der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät
Prof. Dr. Uwe Jens Nagel

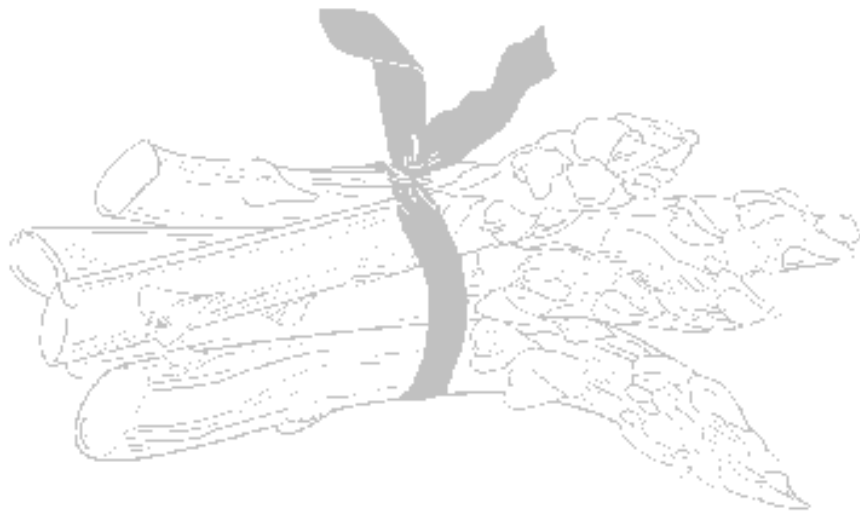
Gutachter

1. Prof. Dr. sc. Friederike Kaufmann
2. Prof. Dr. sc. Bernd Geyer
3. Dr. J. Gottwald

Tag der mündlichen Prüfung:
26. August 2003



*Meiner Frau in Liebe,
meinen Eltern und in Dankbarkeit
gewidmet*



Inhaltsverzeichnis

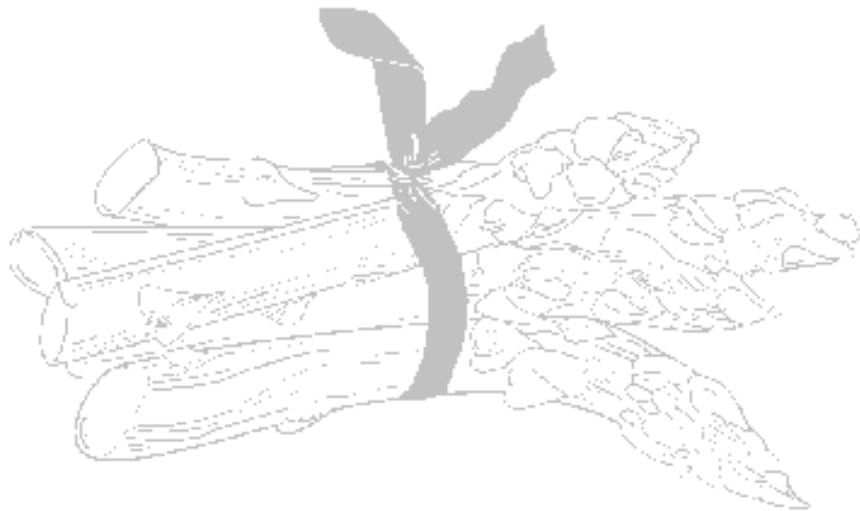
	Seite
Abkürzungsverzeichnis	IV
Verzeichnis der Tabellen	V
Verzeichnis der Abbildungen	VI- X
1 Einleitung	1
2 Zielstellung	5
3 Literaturübersicht	7
3.1 Zum Qualitätsbegriff sowie Handelsnormen	7
3.2 Spezielle Qualitätsmerkmale von Spargel	11
3.3 Einflussfaktoren auf die äußere und innere Qualität	12
3.3.1 Sorteneinfluss und Wirkung pflanzenbaulicher Maßnahmen	12
3.3.2 Möglichkeiten der Qualitätserhaltung in der Nachernteperiode besonders durch Lagerung	14
3.3.2.1 Kühlagerung während des Transportes vom Erzeuger zum Einzelhändler	20
3.3.2.2 Wirkung der Kühlagerung/ CA- Lagerung auf die inneren und äußeren Qualitätsmerkmale – am Beispiel von Spargel sowie anderen Gemüse- und Obstarten	21
4 Material und Methoden	33
4.1 Gewinnung des Untersuchungsmaterials	33
4.1.1 Parzellenfeldversuch Zepernick	35
4.1.2 Sortenvergleichsanlage Schlunkendorf bei Beelitz	37
4.1.3 Vorbereitung Versuchsmaterial für Nachernteuntersuchung	37
4.2 Lagerverfahren	38
4.2.1 CA- Lagerung	38
4.2.2 Kühlagerung	47
4.3 Chemisch- analytische Untersuchungsmethoden	50
4.3.1 Gesamtzuckergehalt (Brix)	50
4.3.2 Organische Säure und speziell Apfelsäure, Zitronensäure und Weinsäure	50

4.3.3	Pektin	51
4.3.4	Aminosäuren	53
4.3.5	Frisch- und Trockenmasse	55
4.4	Mathematisch- statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse	55
5	Ergebnisse und Diskussion der Versuchs- und Untersuchungsergebnisse	56
5.1	Äußere Stangenqualität zum Erntezeitpunkt in Abhängigkeit von züchterisch/ pflanzenbaulichen Faktoren	56
5.1.1	Qualitätsmerkmale für frischen Spargel auf allen Handelsstufen	56
5.1.2	Sorteneinfluss	58
5.1.3	Wirkung von Bestandesdichte bzw. Pflanzabstand	61
5.1.4	Auswirkung des Pflanzenalters	64
5.1.5	Diskussion der Ergebnisse zur äußeren Qualitätsbildung	64
5.2	Innere Qualität von Spargelstangen zum Erntezeitpunkt	66
5.2.1	Trockensubstanz-, Zucker- und Säuregehalte	67
5.2.2	Aminosäuregehalte	75
5.2.3	Pektingehalte	77
5.2.4	Diskussion der Ergebnisse zur inneren Qualität von Spargelstangen	78
5.3	Wirkung der Kühlagerung auf Qualitätsmerkmale	79
5.3.1	Visuelle Qualität	79
5.3.2	Innere Qualität	82
5.3.2.1	Frischgewichtsverlust, Trockensubstanzgehalt, Zucker- und Säureverhältnisse	82
5.3.2.2	Aminosäurestatus	89
5.3.2.3	Pektingehalte	90
5.3.2.4	Diskussion der Wirkung der Kühlagerung auf die visuellen Qualitätsmerkmale	91
5.4	Einfluss der CA- Lagerung auf die Qualität des Erntegutes	94
5.4.1	Äußere Qualitätsmerkmale	94
5.4.2	Veränderung von Inhaltsstoffgehalten	98
5.4.2.1	Frischgewichtsverlust, Trockensubstanz, Zucker- und Säureverhältnisse	98
5.4.2.2	Aminosäuregehalte	106

5.4.2.3	Pektingehalte	108
5.4.2.4	Diskussion der Ergebnisse zur Qualität von Spargelstangen nach CA- Lagerung	110
6	Schlussfolgerungen	112
7	Zusammenfassung	116
	Literaturverzeichnis	117

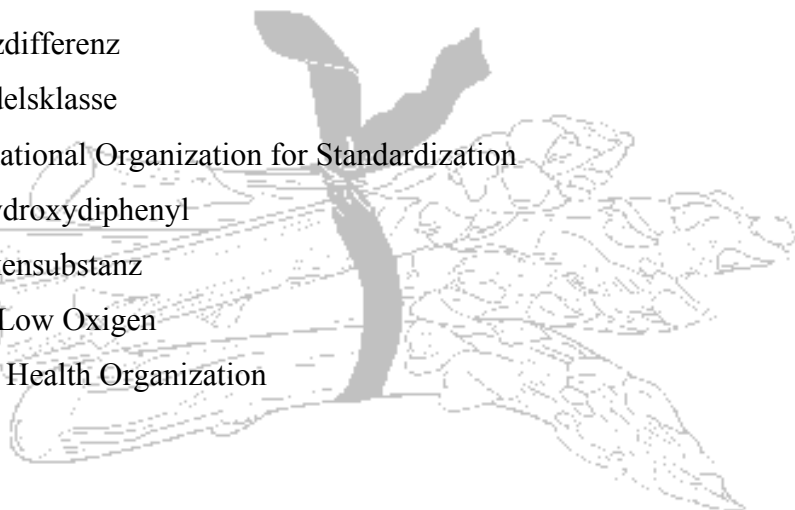
Danksagung

Lebenslauf



Abkürzungsverzeichnis

aid	Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
AIS	Alcohol Insoluble Solid
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
ATP	Adenosintriphosphat
CA	Controlled Atmosphere
DW	Dry Weight
EDTA	Ethylene Diamin Tetra Acids
FAO	Food and Agricultural Organization
Fgv	Frischgewichtverlust
GAL. A.	Galakturonsäure
GD	Grenzdifferenz
HK	Handelsklasse
ISO	International Organization for Standardization
MHDP	M-Hydroxydiphenyl
TS	Trockensubstanz
ULO	Ultra Low Oxygen
WHO	World Health Organization



Verzeichnis der Tabellen

- Tab.1: Anbaudurchführung im Parzellenversuch Zepernick in den Ertragsjahren 1997 bis 2001 (ohne Mineraldüngung)
- Tab.2: Düngung des Parzellenversuches Zepernick in den Ertragsjahren 1997 bis 2001
- Tab.3: Ausgewählte bodenchemische Eigenschaften des Versuchsstandortes Zepernick (Frühjahr)
- Tab.4: Variantenwahl in den Voruntersuchungen im Jahre 1999 zur Kühllagerung
- Tab.5: Variantenwahl in den Untersuchungen zur CA- und Kühllagerung der Jahre 2000 und 2001 sowie die Standardvarianten des Jahres 1999
- Tab.6: Mittelwerte der Ertragsergebnisse mit Anteil der Handelsklassen Extra/ I der Erntejahre 1997 bis 2000 bei zwei Spargelsorten in dt/ha
- Tab.7: Anteil der Klassen Extra/ I am Marktertrag bei zwei Sorten in 4 Ertragsjahren
- Tab.8: Ertrags- und Sortierungsergebnisse insgesamt 1997 bis 2000 bei zwei Spargelsorten in dt/ha
- Tab.9: Ertragsergebnisse sowie Anteil der Handelsklassen Extra/ I im Erntejahr 1997 bei zwei Spargelsorten mit drei Bestandesdichten
- Tab.10: Ertragsergebnisse sowie Anteil der Handelsklassen Extra/ I im Erntejahr 1998 bei zwei Spargelsorten mit drei Bestandesdichten
- Tab.11: Ertragsergebnisse sowie Anteil der Handelsklassen Extra/ I im Erntejahr 1999 bei zwei Spargelsorten mit drei Bestandesdichten
- Tab.12: Ertragsergebnisse sowie Anteil der Handelsklassen Extra/ I im Erntejahr 2000 bei zwei Spargelsorten mit drei Bestandesdichten
- Tab.13: Äußere Qualitätsmerkmale von Spargelstangen nach zweiwöchiger Kühllagerung (1999)- visuelle Einschätzung
- Tab.14: Äußere Qualitätsmerkmale von Spargelstangen nach zweiwöchiger Kühllagerung (2000)- visuelle Einschätzung
- Tab.15: Äußere Qualitätsmerkmale von Bleich- und Grünspargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' nach 2-wöchiger CA- Lagerung im Jahr 2000
- Tab.16: Äußere Qualitätsmerkmale von Bleich- und Grünspargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' nach fünfwöchiger CA- Lagerung im Jahr 2001

Verzeichnis der Abbildungen

- Abb.1: Lufttemperaturverhältnisse während der Wachstumsperioden des Versuchsmaterials in den drei Untersuchungsjahren und an den zwei Standorten
- Abb.2: CA- Container, Außenansicht (Ausschnitt)
- Abb.3: CA- Container, Innenansicht
- Abb.4: Links, Wasserbehälter für die Luftbefeuchtung an der Lagerbox; Rechts, Lagerbox mit „Füllmaterial“ zur Raumverkleinerung
- Abb.5: Leere Lagerbox mit Ventilation
- Abb.6: Druckminderungsventile für Sauerstoff und Kohlendioxid
- Abb.7: Gasventile zur Mischkammer
- Abb.8: Gasmischgerät mit Einstellknöpfen für N_2 -, CO_2 - und O_2 - Konzentration, Gasdruck-Reglung sowie Durchflussmengenreglung
- Abb.9: Separater Kontrollraum innerhalb des CA- Container
- Abb. 10: Temperatur- Regelanlage für die Boxen
- Abb.11: Kontrollpaneel der Kühlmaschine mit Temperaturregler und Temperaturregistrierung
- Abb.12: O_2 - Messgerät
- Abb.13: CO_2 - Messgerät
- Abb.14: Pflanzenwuchsschrank für die Kühlagerung der Spargelproben
- Abb.15: Funktions- und Kontrollpaneel des Pflanzenwuchsschranks; Pflanzenwuchsschrank mit geöffneten Kontrollfenstern
- Abb.16: Marktertrag in dt/ha für die Erntejahre 1997 bis 2000 bei zwei Spargelsorten
- Abb.17: Marktertragsanteil in % am Gesamtertrag für die Erntejahre 1997 bis 2000
- Abb.18: Ertrag an Klasse Extra/ I in dt/ha für die Erntejahre 1997 bis 2000 bei zwei Spargelsorten
- Abb.19: Markterträge 1997 – 2000 in dt/ha
- Abb.20: Gesamterträge 1997 – 2000 in dt/ha
- Abb.21: Anteil der Handelsklassen Extra/ I an den Markterträgen 1997-2000 in dt/ha
- Abb.22: Trockensubstanzgehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 1999), 2 Serien
- Abb.23: Trockensubstanzgehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2000)

Abb.24: Trockensubstanzgehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2001)

Abb.25: Zuckergehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 1999), 2 Serien

Abb.26: Zuckergehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2000)

Abb.27: Zuckergehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2001)

Abb.28: Apfelsäuregehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 1999), 2 Serien

Abb.29: Apfelsäuregehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2000)

Abb.30: Apfelsäuregehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2001)

Abb.31: Weinsäuregehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 1999), 2 Serien

Abb.32: Weinsäuregehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2000)

Abb.33: Weinsäuregehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2001)

Abb.34: Zitronensäuregehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 1999), 2 Serien

Abb.35: Zitronensäuregehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2000)

Abb.36: Zitronensäuregehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2001)

Abb.37: Aminosäuregehalt von Bleich- und Grünspargel der Sorte 'Gijnlim' (Versuchsjahr 2000)

Abb.38: Aminosäuregehalt von Bleich- und Grünspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2000)

Abb.39: Pektingehalt von Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 1999), 2 Serien

- Abb.40: Pektingehalt von Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2000)
- Abb.41: Pektingehalt von Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2001)
- Abb.42: Frischgewichtsverlust durch Kühlagerung bei Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' verschiedener Varianten (Versuchsjahr 1999), 2 Serien
- Abb.43: Frischgewichtsverlust durch Kühlagerung bei Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' verschiedener Varianten (Versuchsjahr 2000)
- Abb.44: Trockensubstanzgehalt nach Kühlagerung bei Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' verschiedener Varianten (Versuchsjahr 1999), 2 Serien
- Abb.45: Trockensubstanzgehalt nach Kühlagerung bei Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' verschiedener Varianten (Versuchsjahr 2000)
- Abb.46: Zuckergehalt nach 2-wöchiger Kühlagerung bei Bleich- und Grünspargel und verschiedener Varianten im Jahr 1999, 2 Serien
- Abb.47: Zuckergehalt nach 2-wöchiger Kühlagerung bei Bleich- und Grünspargel und verschiedener Varianten im Jahr 2000
- Abb.48: Apfelsäuregehalt nach 2-wöchiger Kühlagerung der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' verschiedener Varianten im Jahr 1999, 2 Serien
- Abb.49: Apfelsäuregehalt nach 2-wöchiger Kühlagerung bei Bleich- und Grünspargel und verschiedener Varianten im Jahr 2000
- Abb.50: Weinsäuregehalt nach 2-wöchiger Kühlagerung der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' verschiedener Varianten im Jahr 1999, 2 Serien
- Abb.51: Weinsäuregehalt der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' im Jahr 2000 nach 2-wöchiger Kühlagerung
- Abb.52: Zitronensäuregehalt der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' nach 2-wöchiger Kühlagerung und verschiedener Varianten im Jahr 1999- 2 Serien
- Abb.53: Zitronensäuregehalt der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' nach 2-wöchiger Kühlagerung im Jahr 2000

Abb.54: Aminosäuregehalt von Bleich- und Grünspargelstangen der Sorte 'Gijnlim' nach 2-wöchiger Kühl Lagerung (Versuchsjahr 2000) (ohne Methionin und Cystein)

Abb.55: Pektingehalt von Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' nach 2-wöchiger Kühl Lagerung verschiedener Varianten im Jahr 1999- 2 Serien

Abb.56: Pektingehalt von Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' nach 2-wöchiger Kühl Lagerung im Jahr 2000

Abb.57: Frischgewichtsverlust bei 2-wöchiger CA- Lagerung von Bleich- und Grünspargel verschiedener Varianten im Jahr 2000

Abb.58: Frischgewichtsverlust bei 5-wöchiger CA- Lagerung von Bleich- und Grünspargel verschiedener Varianten im Jahr 2001

Abb.59: Trockensubstanz nach 2-wöchiger CA- Lagerung bei Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' verschiedener Varianten im Versuchsjahr 2000

Abb.60: Trockensubstanz nach 5-wöchiger CA- Lagerung bei Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' verschiedener Varianten im Versuchsjahr 2001

Abb.61: Zuckergehalt nach 2-wöchiger CA- Lagerung bei Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' verschiedener Varianten im Jahr 2000

Abb.62: Zuckergehalt nach 5-wöchiger CA- Lagerung bei Bleich- und Grünspargel und verschiedenen Varianten im Jahr 2001

Abb.63: Apfelsäuregehalt nach 2-wöchiger CA- Lagerung der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' im Jahr 2000

Abb.64: Apfelsäuregehalt nach 5-wöchiger CA- Lagerung der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' im Jahr 2001

Abb.65: Weinsäuregehalt nach 2-wöchiger CA- Lagerung der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' im Jahr 2000

Abb.66: Weinsäuregehalt nach 5-wöchiger CA- Lagerung der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' im Jahr 2001

Abb.67: Zitronensäuregehalt nach 2-wöchiger CA- Lagerung der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' im Jahr 2000

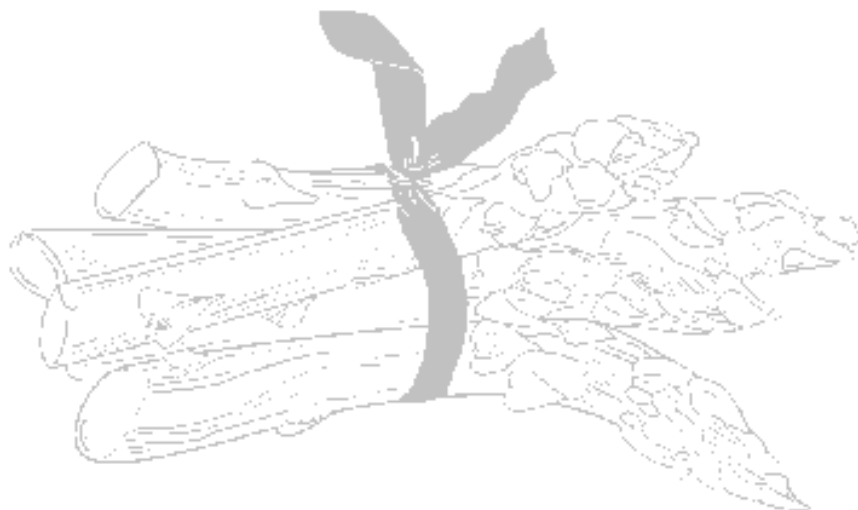
Abb.68: Zitronensäuregehalt nach 5-wöchiger CA- Lagerung der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' im Jahr 2001

Abb.69: Aminosäuregehalt von Bleich- und Grünspargel der Sorte 'Gijnlim' nach 2-wöchiger CA- Lagerung mit 5% CO₂ im Jahr 2000

Abb.70: Aminosäuregehalt von Bleich- und Grünspargel der Sorte 'Gijnlim' nach 2-wöchiger CA- Lagerung mit 10% CO₂ im Jahr 2000

Abb.71: Pektingehalt nach 2-wöchiger CA- Lagerung von Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' im Jahr 2000

Abb.72: Pektingehalt nach 5-wöchiger CA- Lagerung von Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' im Jahr 2001



1 Einleitung

Qualität ist die Gesamtheit von Eigenschaften und Merkmalen eines Produktes, die sich auf deren Eignung zur Erfüllung festgelegter oder vorausgesetzter Erfordernisse beziehen (Definition Qualität nach ISO 8402, 1989).

Die Qualität pflanzlicher Agrarprodukte wird unter anderem durch den natürlichen Standort (Licht, Bodenbeschaffenheit, Klima) und durch menschliche Einflüsse (Anbaumethodik, Marketing) bestimmt. Vor allem sind es aber die genetischen Anlagen, die die Entwicklung der Pflanzen und ihre Ausprägung an Eigenschaften steuern. Bei den durch Züchtung beeinflussbaren Qualitätsmerkmalen handelt es sich zunächst einmal um den Nährwert, der durch die jeweiligen Anteile der Hauptnährstoffe Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße repräsentiert wird. Lebenswichtige Stoffe wie Vitamine und Mineralstoffe charakterisieren den Gesundheitswert. Darüber hinaus ist es dank der bemerkenswerten Fortschritte in der Aromaanalytik heute möglich, bereits zu einem frühen Zeitpunkt im Rahmen der Züchtung Einfluß auf den Genußwert zu nehmen. In diesem Zusammenhang sind gleichermaßen die nichtflüchtigen Inhaltsstoffe (Geschmacksstoffe) wie Zucker, Fruchtsäuren und Bitterstoffe als auch die flüchtigen Aromastoffe von Bedeutung. Schließlich spielt auch der Eignungswert eine Rolle, der durch die technologischen Prozesse (Ernte, Verarbeitung, Lagerung) bestimmt wird. Darüber hinaus kann die Resistenz gegenüber bestimmten Schädlingen und Pflanzenkrankheiten zur Qualität von Agrarprodukten beitragen. Am Beispiel von Bleich- und Grünspargel zeigt diese Arbeit wie Sorte, Bestandesdichte, Pflanzenalter und Lagerung Einfluss auf die Qualität des Produktes nehmen.

Der Spargel (*Asparagus officinalis* L.) ist eine mehrjährige Staude, eine Pflanze aus der Familie der Liliengewächse (Liliaceae), von denen es allein in Europa 120 Arten gibt.

Die meisten Spargelarten sind sehr gut an trockene Standorte angepaßt (Xerophyten = Trockenpflanzen). So sind ihre Laubblätter stark zurückgebildet, wodurch der Wasserverlust durch Transpiration reduziert wird. Die „Nadeln“ sind Scheinblätter (Phyllokladien). Sie haben zwar weitgehend die Funktion von Blättern (Photosynthese), jedoch eine kleinere und verdunstungsärmere Oberfläche. Besonders die sehr dicken, tief und weitreichenden Wurzeln am Wurzelstock (Rhizom), die eine Länge von über 2 m erreichen können, zeigen die Anpassung an trockene Standorte. Sie dienen neben der Wasseraufnahme auch als Speicherorgan für die durch Photosynthese gewonnenen Nährstoffe (Assimilate).

Spargel ist eine etwa 4000 Jahre alte Kulturpflanze. Heute wird angenommen, daß die Heimat des Spargels Vorderasien ist. Dort wächst er in sandigen Meeresdünen und feuchtsandigen Flußtälern. Von hier aus verbreitete er sich nach West- und Mitteleuropa und Nordafrika. Wir finden ihn auf über 3000 Jahre alten Festtafeln der Pharaonenkönige des Alten Ägypten. Vieles weist darauf hin, daß der Anbau bereits damals bekannt war. So ernannten Pharao Echnaton und seine königliche Gemahlin Nofretete den Spargel zur „Götterspeise“.

Auch Griechen, Perser und Babylonier schätzten den Spargel bereits. Die Griechen nutzten ihn besonders als Arzneipflanze (Hippokrates 460-370 v. Chr.). Auch bei den Römern war Spargel sehr beliebt. Cato der Ältere gab in seinem um 175 v. Chr. geschriebenen Buch „De agricultura“ eine ausführliche Beschreibung und Anleitung wie das Gemüse im Garten angebaut werden kann. Jungpflanzenanzucht und Aussaatzeitpunkt waren darin ebenso Themen wie die Dauer der Ernte, Erntemethoden, Düngung, Unkrautbekämpfung und der Zeitpunkt für die Entfernung des trockenen Spargelkrautes.

Im Mittelalter wurde Spargel vor allem in die Kräutergärten der Klöster gepflanzt. Bevorzugt wurde er als Heilpflanze genutzt, wie aus den Kräuterbüchern der damaligen Zeit hervorgeht. 1565 wurde der erste urkundliche Anbau von Spargel in Deutschland im Lustgarten zu Stuttgart erwähnt. Im ausgehenden Mittelalter (16. Jh.) wurde Spargel beinahe überall in Europa angebaut; in Frankreich und Italien genauso wie in England, Osteuropa und Deutschland. Die deutschen Anbauggebiete waren damals vor allem die Braunschweiger Gegend, der badische Raum, die Umgebung von Berlin, Hamburg und Riga. Um 1750 begann die „Massenproduktion“ von Spargel und um 1760 folgte die „Entdeckung“ des Bleichspargels. Und damit begann der Siegeszug des Spargelanbaus. Heute ist der Spargel als Kulturpflanze in allen Ländern des gemäßigten und warmen Klimas beheimatet und wird überall als Delikatesse sehr geschätzt. Während in Mitteleuropa der Bleichspargel vorherrscht, ist in den außereuropäischen Staaten Grünspargel besonders beliebt.

Genießt man das „königliche Gemüse“, so kann man für seine Gesundheit etwas Gutes tun, denn Spargel ist sehr gesund. Inhaltsstoffe sind Provitamin A, Vitamin C, B- Vitamine, viel Eisen, Kalium, Kalzium, Phosphor, Jod, Flavone, Saponine und seine spezielle Aminosäure, das Asparagin. Im grünen Spargel sind zusätzlich Chlorophyll und insgesamt mehr Biostoffe. Grüner Spargel hat einen höheren Gehalt an Mineralstoffen, Vitamin C, Carotinoiden und B- Vitaminen als weißer Spargel.

Bleichspargel enthält:

93,6% Wasser, 1,9% Eiweiß, 0,1% Fett, 2,9% Kohlenhydraten, 0,8% Nahrungsfasern, 0,6% Mineralstoffen und Vitaminen.

100 g Spargel (essbarer Teil) enthalten 18 kcal (74 kJ).

Spargel hat viele Ballaststoffe, welche die Verdauung anregen und schon eine Portion (500g) kann den täglichen Bedarf an Vitamin C und Folsäure mit über 100%, an Vitamin E zu 90%, Vitamin B1 zu 50% und Vitamin B2 zu 45% decken. Zudem enthält er Magnesium und Natrium. Da er so gut wie kein Fett und Cholesterin enthält, stellt er auch bei sämtlichen Blutfettkrankheiten eine ausgezeichnete Diät dar. Der Spargel besitzt viel Asparaginsäure, Kalium und ätherische Öle, welche die Nierentätigkeit anregen und entschlacken. Sogar Harnsäurekristalle können aus Muskeln und Nieren geschwemmt werden. Naturärzte empfehlen ihn bei Gicht und Rheuma, Leber- und Gallenleiden.

Isoleucin, Leucin, Lysin, Methionin, Phenylalanin, Threonin und Valin sind essentielle Aminosäuren die alle im Spargel vorkommen. Von den insgesamt 20 proteinogenen Aminosäuren kommen 16 im Spargel vor. Essentielle Aminosäuren heißt, der Körper kann sie nicht selbst herstellen und muß sie mit der Nahrung aufnehmen. Der Bedarf ist unterschiedlich und hängt vom Lebensalter ab.

Aminosäuren sind wasserlösliche organische Verbindungen. Das Eiweiß der Nahrung besteht aus Aminosäuren. Eiweißstoffe werden im Dünndarm zu Aminosäuren umgewandelt, die dann in der Leber gespeichert werden. Die Leber wiederum kann Aminosäuren zu Glukose umwandeln.

Der Spargel ist eine zweihäusige Pflanze. Die männliche Blüte hat einen unfruchtbaren Fruchtknoten (Pistillodium), die weibliche verkümmerte Staubblätter (Staminodien) (Billau, 1986). Diese Geschlechtertrennung (Diözie) ist im Pflanzenreich selten und bedingt eine absolute Fremdbefruchtung durch Insekten. Für die Züchtung sind auch zwittrige Pflanzen wichtig, die vereinzelt in Beständen vorkommen und für die Erzeugung männlicher Sorten entscheidend sind. Vorarbeit für eine erfolgreiche Spargelzüchtung im 20. Jahrhundert leistete neben anderen Forschern August Huchel aus Osterburg/ Altmark. Er untersuchte u.a. von 1926 bis 1929 1500 Pflanzen der Sorte 'Ruhm v. Braunschweig', die seit Jahrzehnten angebaut wurde, und machte bemerkenswerte Beobachtungen:

- Ertragsunterschiede zwischen Spargelpflanzen sind stark genetisch bedingt und variieren sehr
- Ertrag und Qualität sind vom Geschlecht abhängig

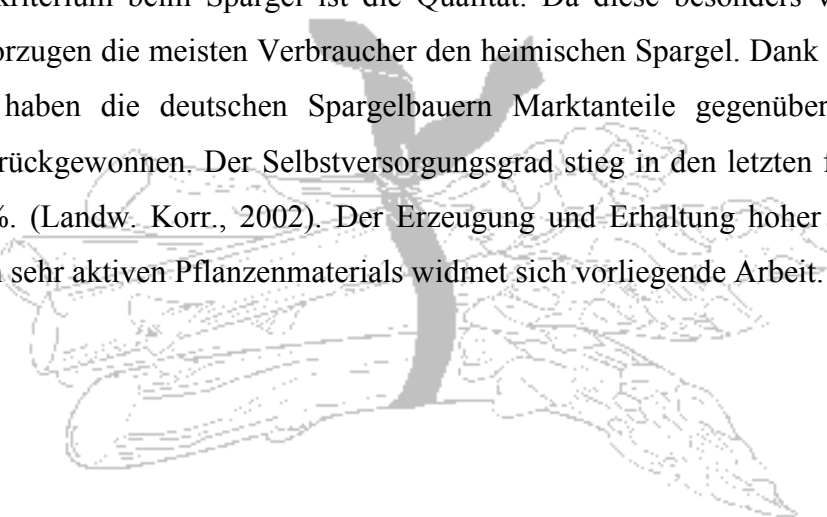
Huchel schlußfolgerte, daß die Züchtung rein männlicher Hybridsorten das Ziel der Züchtung sein müßte, um folgendes zu erreichen:

- Sorten mit höherem Ertrag infolge einer großen Stangenanzahl und hoher Frühzeitigkeit
- gleichmäßige Sortierung
- längere Nutzungsdauer der Kultur.

Heute sind männliche Hybridsorten zahlreich im Spargelsortiment vertreten.

Der Spargelanbau hat sich in Deutschland zum flächenmäßig wichtigsten Gemüse entwickelt.

Der in Deutschland erzeugte Spargel hat einen Gesamtwert von etwa 165 Mio €. Die Gesamterntemenge von rund 59000 t wird auf über 13000 ha vor allem in Niedersachsen, Nordrhein- Westfalen, Hessen, Brandenburg und Baden- Württemberg erzeugt. Der Spargelanbau wurde in den vergangenen Jahren stets weiter ausgedehnt. Entscheidendes Wettbewerbskriterium beim Spargel ist die Qualität. Da diese besonders von der Frische abhängt, bevorzugen die meisten Verbraucher den heimischen Spargel. Dank ihrer Nähe zum Verbraucher haben die deutschen Spargelbauern Marktanteile gegenüber ausländischen Erzeugern zurückgewonnen. Der Selbstversorgungsgrad stieg in den letzten fünf Jahren von 31% auf 61%. (Landw. Korr., 2002). Der Erzeugung und Erhaltung hoher Qualität dieses physiologisch sehr aktiven Pflanzenmaterials widmet sich vorliegende Arbeit.



2 Zielstellung

Als Forschungsgegenstand dienen nur wenige Tage gewachsene Triebe (Spargelstangen) einer Pflanze, die weltweit als Nahrungs-/ Genuß- und Arzneimittel verwendet wird. Besonderer Wert wird auf die getrennte und vergleichende Untersuchung des Spargels nach Bleich- und Grünspargel sowie das Ermitteln der Reaktionen von zwei Spargelsortentypen bei beiden Anbauformen gelegt.

Auf folgende drei Schwerpunkte bezieht sich die Zielstellung der Arbeit, auf die in den einzelnen Abschnitten detailliert eingegangen wird:

Untersuchungen zur äußeren Erntegutqualität bei einem physiologisch sehr jungen Pflanzenspross

- Erfassen äußerer Qualitätsmerkmale des Erntegutes von unter verschiedenen Bedingungen (drei Bestandesdichten, bedeckt und unbedeckt) gewachsenem Grün- und Bleichspargel
- Sortierung bzw. Bonitur bei Grün- und Bleichspargel von zwei genetisch sehr unterschiedlichen Sorten am jeweiligen Erntetag
- Ermitteln der Frisch- und Trockenmasse bei beiden Spargelanbauformen

Ermittlung wichtiger wert- und geschmacksgebender Inhaltstoffe von Spargel zum Erntezeitpunkt und deren Veränderung bei verschiedenen Lagerverfahren und unterschiedlich langer Lagerdauer

Chemisch- analytische Untersuchungen von Grün- und Bleichspargelstangen der Sorten 'Gijnlim' (Asparagus BV Horst/ Niederlande) sowie 'Huchels Schneewittchen' (Dtsch. Spargelzucht GbR Alt- Mölln) auf:

- Brix/ Gesamtzucker
- Organische Säuren- speziell Apfelsäure, Zitronensäure und Weinsäure
- Aminosäuren, speziell essentielle und halbessentielle Aminosäuren
- Gesamtpektin

nach folgenden Lagerverfahren:

- Kühllagerung für zwei Wochen
- CA- Lagerung mit zwei verschiedenen Gasgemischen für zwei Wochen

- CA- Lagerung mit zwei verschiedenen Gasgemischen für fünf Wochen
und bei frischem Erntegut der Klassen Extra und I

Erarbeiten von Schlußfolgerungen zum Erzielen hoher Ernte- und Nacherntequalität bei
einem physiologisch sehr aktiven Pflanzenmaterial

Die Untersuchungsergebnisse sind mathematisch- statistischen Prüfverfahren zu unterziehen
und vergleichend mit einschlägigen Literaturquellen zu diskutieren. Schlußfolgerungen für
die weitere wissenschaftliche Bearbeitung der Problemstellung und die landwirtschaftlich/
gärtnerische Praxis sollen den Abschluß der Arbeit bilden.



3 Literaturübersicht

3.1 Zum Qualitätsbegriff sowie Handelsnormen

Verbraucheranforderungen an die Qualität von Obst und Gemüse sind:

- Kontrollierte, qualitätsgerechte Produkte von der Erzeugung bis zum Verbraucher
- Frischeprodukte mit hohem sortengerechten Vitamingehalt, aromatischem Geruch und art-/ Sortentypischem Geschmack
- Ernte im Reifezustand, damit das Produkt sein Image als gesundes Lebensmittel verdient
- Umweltschonende Anbauverfahren, verbunden mit einer geringen Schadstoffbelastung
- Optimal saisonal ausgerichtetes Angebot aus regionalem Anbau, ergänzt durch Produkte aus anderen Regionen, die zum jeweiligen Zeitpunkt nicht erhältlich sind
- Optimale Verpackung
- Eindeutige, korrekte Kennzeichnung der Produkte
- Kurze Transportwege
- Schonende Verarbeitung
- Keine Bestrahlung
- Verzicht auf Wachsen oder andere Verfahren, die Frische vortäuschen
- Keine Gen- Manipulation
- Umweltbewußter Umgang mit neuen Techniken und Technologien und dementsprechende Kennzeichnung der resultierenden Produkte.

Für eine umfassende Qualitätsbewertung bei Gemüse sollte eine Qualitätskenngröße gebildet werden, die die vielfältigen äußeren und inneren Qualitätseigenschaften von Gemüse zusammenfaßt. Diese Bewertung soll sich deutlich von der einseitigen Qualitätsbewertung ausschließlich nach äußeren Güteeigenschaften bei der Handelsklasseneinteilung oder bei den EG- Qualitätsnormen absetzen (Schreiner, u.a., 1998).

Die Handelsnormen gelten, unabhängig von der Art der Produktion, für Erzeugnisse, die in frischem Zustand an den Verbraucher abgegeben werden sollen, auf allen Handelsstufen sowie auch beim Export und Import.

Die EG-weit geltenden Handelsnormen setzen für Obst und Gemüse, das je nach Produktionsbedingungen in unterschiedlicher Beschaffenheit anfällt, objektive Maßstäbe, die Verkäufern und Käufern die Verständigung über die Warenbeschaffenheit erleichtern. Obst und Gemüse ist entsprechend den Handelsnormen zu sortieren, aufzubereiten und zu kennzeichnen. Die Einhaltung der Mindestanforderungen schließt zum Verzehr nicht

geeignetes Obst und Gemüse oder solches mit erheblichen Mängeln von der Vermarktung auf dem Frischmarkt aus. Darüber hinaus bestehen in den Handelsnormen Anforderungen für Güteklassen, denen das Obst und Gemüse mindestens entsprechen muß, wenn es in die jeweilige Güteklasse eingruppiert wird. Dadurch wird das Angebot einheitlicher, besser überschaubar und vergleichbar. Die Anwendung der Handelsnormen fördert den Wettbewerb und ist damit für alle Wirtschaftsbeteiligten von Vorteil.

So bieten die Handelsnormen für den **Erzeuger** einen Anreiz, qualitativ gutes und hochwertiges Obst und Gemüse zu produzieren. Die normgerechte Aufbereitung ermöglicht eine differenzierte Preisgestaltung und fördert somit den Absatz.

Für den **Handel** sind Angebote von Obst und Gemüse, das normgerecht aufbereitet ist, leichter zu beurteilen und besser zu vergleichen. Die gesetzliche Verpflichtung zur Einhaltung der Handelsnormen erhöht die Rechtssicherheit beim Handel mit Obst und Gemüse.

Der **Verbraucher** erhält durch die Anwendung der Handelsnormen ein qualitativ abgestuftes Obst- und Gemüseangebot, in dem er nach seinen Bedürfnissen und Preisvorstellungen auswählen kann. Da die Ware entsprechend gekennzeichnet ist, sind Angebotsvergleiche leichter möglich. Ferner schützt die Aufbereitung und Kennzeichnung nach den Handelsnormen den Verbraucher vor Übervorteilung und gibt ihm sogar eine Handhabe zur Beanstandung, wenn die Ware nicht den Handelsnormen entspricht.

Die Handelsnormen sind nach einem einheitlichen Schema aufgebaut. Dieses umfasst bestimmte Anforderungen, die für alle Obst- und Gemüsearten gleichermaßen gelten, und solche, die für die jeweilige Obst- bzw. Gemüseart spezifisch sind.

In der **Begriffsbestimmung** wird mit der (den) botanischen Bezeichnung (en) festgelegt, für welches Erzeugnis bzw. für welche Erzeugnisse die jeweilige Handelsnorm gilt.

Kernelement jeder Handelsnorm sind die **Güteeigenschaften**, denen das Erzeugnis nach der Aufbereitung und Verpackung entsprechen muß. Diese Anforderungen gliedern sich in Mindesteigenschaften und Klassenkriterien. Die Einhaltung der Mindesteigenschaften und der Klassenkriterien gilt von der Aufbereitung bis zur Abgabe an den Verbraucher. Lediglich auf den dem Versand nachgelagerten Vermarktungsstufen werden ein leicht verringerter Frische- und Prallheitsgrad sowie geringfügige Veränderungen infolge biologischer Entwicklungsvorgänge, die auf mehr oder weniger leichte Verderblichkeit der Erzeugnisse zurückzuführen sind, zugelassen. Allerdings dürfen Erzeugnisse der Klasse Extra keine derartigen Mängel aufweisen.

Die **Mindesteigenschaften** gelten in gleicher Form für alle Klassen; Abweichungen sind lediglich im Rahmen der Toleranz der Klasse II zulässig. In allen Handelsnormen geforderte Mindesteigenschaften sind:

- ganz
- gesund
- sauber, praktisch frei von sichtbaren Fremdstoffen
- von frischem Aussehen
- frei von Schädlingen
- frei von Schäden durch Schädlinge
- frei von anomaler äußerer Feuchtigkeit
- frei von fremdem Geruch und/oder Geschmack
- sorgfältig gepflückt
- genügend entwickelt
- genügend reif

Entwicklung und Zustand der Erzeugnisse müssen so sein, dass sie Handlung und Transport aushalten und in zufriedenstellendem Zustand am Bestimmungsort ankommen.

Erzeugnisse, die aufgrund ihrer Entwicklung und ihres Zustands nach der Lagerung und /oder Transport nicht zum Verzehr geeignet sind, werden damit ausgeschlossen.

Darüber hinaus gelten bei verschiedenen Obst- und Gemüsearten besondere Mindesteigenschaften, so auch für Bleich- und Grünspargel (Abschnitte 3.2 und 5.1.1).

Zu den allgemeinen Anforderungen gehören auch Klassenkriterien: Die Erzeugnisse werden entsprechend ihrer Güteeigenschaften und dem Ausmaß der zugelassenen Mängel in bis zu drei Klassen, als Extra, I und II bezeichnet, eingestuft. So müssen Erzeugnisse der Klasse Extra von höchster Qualität sein. Sie müssen insbesondere in Form, Entwicklung und Färbung alle die Sorte oder den Handelstyp kennzeichnenden Eigenschaften aufweisen. Die Erzeugnisse der Klasse I müssen von guter Qualität sein. Sie müssen alle sortentypischen Eigenschaften aufweisen. Zulässig sind leichte Fehler, sofern diese das allgemeine Aussehen, die Qualität, die Haltbarkeit und die Aufmachung der Erzeugnisse im Packstück nicht beeinträchtigen. Bei der Klasse II müssen die Erzeugnisse von marktfähiger Qualität sein. Sie entsprechen nicht den Anforderungen der höheren Klassen, müssen aber die Mindesteigenschaften aufweisen. Zulässig sind Fehler, sofern die Erzeugnisse die wesentlichen Eigenschaften in Bezug auf Qualität, Haltbarkeit und Aufmachung behalten.

Die Größensortierung kann nach Durchmesser, Umfang, Länge oder Gewicht erfolgen. Die Bestimmungen bezüglich Mindest- und Höchstgrößen sowie Sortierbreiten entsprechen der Art des Erzeugnisses, der Sorte, dem Handelstyp und möglicherweise den einzelnen Klassen. Die Sortierung dient der ansprechenden Präsentation des Erzeugnisses, ermöglicht aber auch eine schonende Verpackung gleich großer Früchte. Darüber hinaus gewährleisten Mindestgrößen- als objektiv messbares Merkmal- eine ausreichende, sortentypische Entwicklung.

Für Sortierfehler, die auch bei sorgfältiger Sortierung vorkommen, und Veränderungen, die bei lebenden Erzeugnissen während ihrer Vermarktung vielfach eintreten, werden für die Einhaltung der Klassenkriterien, aber auch bei der Größensortierung, Toleranzen gewährt. Die Toleranzen setzen, bezogen auf ein Packstück, die Höchstgrenzen fest, die bei der Abweichung von den Anforderungen nicht überschritten werden dürfen, aber in der Regel nicht erreicht werden sollten.

Bei den Gütetoleranzen sind im Packstück höchstens 5% nach Anzahl oder Gewicht Erzeugnisse in Klasse Extra und 10% in Klasse I zugelassen, die den Eigenschaften der nächst- niedrigen Klasse genügen. Bei der Klasse II sind im Packstück 10% Erzeugnisse zulässig, die weder den Eigenschaften der Klasse noch den Mindesteigenschaften entsprechen, ausgenommen sind jedoch Erzeugnisse mit Fäulnisbefall oder anderen Mängeln, wie z. B. stärkere Quetschungen oder unvernarbte Risse, die die Erzeugnisse zum Verzehr ungeeignet machen. Bei den Größentoleranzen sind im Packstück höchstens 10% nach Anzahl oder Gewicht Erzeugnisse zugelassen, die nicht der angegebenen Größe und/oder den spezifischen Höchst- bzw. Mindestgrenzen, jedoch der nächsthöheren oder -niedrigen Größe entsprechen.

Gleichmäßigkeit wird für den Inhalt jedes Packstücks oder- bei Versand in loser Schüttung- jeder Partie hinsichtlich Ursprung, Sorte oder Handelstyp, Güte (Klasse), Entwicklung und Reife, Färbung und Größe (falls nach Größen sortiert ist) gefordert. Insbesondere Früchte der Klasse Extra müssen einheitlich in der Färbung sein. Der sichtbare Teil des Inhalts jeden Packstücks muss für den Gesamthalt repräsentativ sein.

Je nach Erzeugnis können verschiedene Arten der Aufmachung, ggf. bezogen auf die Klasse, vorgeschrieben sein. Die Verpackung muß genügend stabil und haltbar und der Inhalt muß so verpackt sein, daß das Erzeugnis angemessen geschützt ist. Im Inneren der Packstücke verwendetes Verpackungsmaterial muss neu, sauber und so beschaffen sein, daß es an den Erzeugnissen keine inneren und äußeren Veränderungen hervorrufen kann.

Für die Kennzeichnung sind an jedem Packstück zusammenhängend auf einer Seite folgende Angaben in lesbaren, unverwischbaren, von außen sichtbaren Buchstaben anzubringen.:

- Packer und/oder Absender
- Erzeugnis und/oder Handelstyp, wenn der Inhalt von außen nicht sichtbar ist
- Ursprungsland und (wahlweise) Anbaugebiet oder nationale, regionale oder örtliche Bezeichnung
- Klasse
- Amtlicher Kontrollstempel (wahlfrei)



Beispiel für eine normgerechte Kennzeichnung

Darüber hinaus werden bei verschiedenen Erzeugnissen weitere Angaben zur Kennzeichnung vorgeschrieben.

Zusammenfassend ist darauf hinzuweisen, daß die Bestimmungen der Handelsnormen von den am Handel Beteiligten durchaus strenger, nicht aber großzügiger ausgelegt werden können. Der Besitzer ist dafür verantwortlich, daß die Ware den Vermarktungsnormen entspricht (aid 2002).

3.2 Spezielle Qualitätsmerkmale von Spargelstangen

Die frischen Spargelstangen, unabhängig von der Sorte und Farbe, sind in der Europäischen Union an das strenge Einhalten von Qualitätsmerkmalen gebunden. Diese Verordnung für die Vermarktungsnorm (Nr.2377 vom 09.11.1999) orientiert sich an äußeren Qualitätseigenschaften, die einfach meßbar und visuell einschätzbar sind (o.V. 1999). So wird der frisch gestochene Spargel nach der Länge und dem Durchmesser sortiert und in die vier folgenden verschiedenen Farbgruppen eingeteilt: Bleichspargel, Violetter Spargel, Violettgrüner Spargel sowie Grünspargel. Außerdem muß der Spargel verschiedene Mindesteigenschaften aufweisen, um in die verschiedenen Handelsklassen Extra, I und II eingeteilt zu werden. So muß er frei von Quetschungen und Druckstellen sein, die

Schnittfläche des gestochenen Spargels sollte möglichst glatt sein und die Stangen dürfen weder hohl noch gespalten, gebrochen oder geschält sein. Ebenso muß der Spargel frei von Schäden sein, die durch unsachgemäßes Waschen hervorgerufen wurden. Die Qualitätsmerkmale für frischen Spargel auf allen Handelsstufen sind detailliert unter 5.1.1 dargestellt.

Durch züchterische Einflußnahme und pflanzenbaulich- technologische Gegebenheiten sind die Qualität von Spargelstangen und der Sortierungsanteil an den verschiedenen Handelsklassen der gesamten Ernte entscheidend zu beeinflussen (3.3.1).

3.3 Einflussfaktoren auf die innere und äußere Qualität

3.3.1 Sorteneinfluss und Wirkung pflanzenbaulicher Maßnahmen

In einem 1999 gepflanzten Spargelversuch im Rheingau zum Vergleich der Sorten 'Gijnlim' und 'Grolim' mit und ohne Folienbedeckung auf sandigem Leimboden bestätigte sich die Frühzeitigkeit von 'Gijnlim' (Paschold, u. a., 2001). Die Vorteile von 'Grolim' lagen im größeren Stangendurchmesser. Für den Bleichspargelversuch zum Vergleich der beiden Sorten wurden die Pflanzen bei einem Reihenabstand von 2,30 m in der Reihe gepflanzt. Als 2. Faktor wurde der Einfluss der Folienbedeckung (Schwarz- weiß) bei beiden Sorten geprüft. Die Spargelernte begann zunächst mit der Sorte 'Gijnlim' unter Folie am 18. April und etwa 10 Tage später ohne Folie. Bei der Sorte 'Grolim' konnten unter Folie 4 Tage später nennenswerte Spargelmengen geerntet werden. Ohne Folie hatte 'Grolim' am 11. Mai etwa den gleichen Ertrag erreicht wie mit Folie zum Ernteabschluß am 5. Mai. Mit Ausnahme des späteren Starts verlief die Ertragsbildung bei beiden Sorten unter Folie vergleichbar. Wegen der kurzen Erntezeit zeigte 'Grolim' einen etwas geringeren Ertrag unter Folie als 'Gijnlim'. Auch bei der Ernte ohne Folie blieb in der kurzen Erntezeit der Vorteil von 'Gijnlim' bestehen. Bei der Sortierung nach Durchmesser zeigte sich dagegen deutlich der Vorteil von 'Grolim' mit dem hohen Anteil an Stangen in der Gruppe 16-26 mm.

In einem anderen Versuch (Kaufmann und Pelzer 2000) in den Jahren 1995 bis 1999 wurden fünf deutsche und niederländische Spargelsorten und- stämme mit drei Bestandesdichten auf ihre Anbaueignung als Grünspargel auf einem lehmigen Sandboden im Land Brandenburg geprüft. Die männliche Hybridsorte 'Gijnlim' war dem Vergleichssortiment signifikant in Ertrag und Sortierung überlegen, wies infolge ihrer Frühzeitigkeit aber den größten Frostschaden auf. 'Thielim' / NL erwies sich in den ersten Ertragsjahren als die Sorte mit dem höchsten mittleren Stangengewicht und einem sehr geringen Befall durch *Botrytis cinerea* Pers.. Sie hatte eine ähnliche Ertragshöhe wie die einzige anthocyanfreie Sorte des

Prüfsortiments 'Huchels Schneewittchen'/D. Zwischen den Markt- und Felderträgen in dt/ha sowie St/ha im Mittel des Versuches bestanden gesicherte Korrelationen, nicht dagegen in den Einzelstangengewichten. Eine engere Bestandesdichte übte in der Tendenz bei allen Sorten in den ersten drei Ertragsjahren einen ertragsfördernden Einfluss aus. Signifikante Mehrerträge wurden aber nur bei 'Gijnlim' mit der höchsten Pflanzenzahl/ ha erzielt. Bei dieser Sorte sowie auch 'Eposs'/D wurde eine statistisch gesicherte positive Wirkung der Bestandesgestaltung auf die Anteile der Handelsklassen Extra und I festgestellt. Für das Ermitteln der Alterung von Grünspargelanlagen bei den geprüften sehr unterschiedlichen Genotypen mit derzeit gebräuchlichen sowie dichteren Pflanzenbeständen reichen die bisher fünf Versuchsjahre nicht aus.

Koordiniert durch die Forschungsanstalt Geisenheim wurden unter Mitarbeit der Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe und der Regierung von Unterfranken- Würzburg bei Bleichspargel im 1. Standjahr Nährstoffbilanzen erstellt, um eine Präzisierung der Düngungsempfehlungen zu ermöglichen (Paschold 2000). Die Ergebnisse stellen eine Bereicherung des bisherigen Datenbestandes dar, da die gegenwärtig erheblich größeren Bestandesdichten gegenüber der Vergangenheit in die Untersuchungen einbezogen wurden. Insbesondere die Verlagerung von Nährstoffen innerhalb des 1. Standjahres aus dem oberirdischen Aufwuchs in das Speicherwurzelsystem wurde dabei bestimmt. Hierzu wurden zu folgenden Terminen Proben gezogen: Analyse der Jungpflanzen; zur Zeit des größten Aufwuchses (ca. Ende August); vor dem Schneiden des Krautes. Versuchshintergrund war, die Datenlage der Düngeverordnung von 1996 durch gemeinsame Anstrengungen mit anderen Spargelexperten deutlich zu verbessern, die bis dahin ausgesprochen unzureichend war, so daß es in einzelnen Bundesländern zu teilweise widersprüchlichen Bestimmungen kam. Die Spargelpflanzen entwickelten sich im 1. Standjahr von der Jungpflanze mit einem Gewicht von 60-170g, über 320-390g bei Messungen Ende August bis hin zu 700-950g bei einem Standraum von etwa 0,45qm/ Pflanze. Folgende Nährstoffe wurden analysiert: Stickstoff (N), Phosphor(P), Kalium (K), Magnesium (Mg), Calcium (Ca). Die Nährstoffgehalte der Jungpflanzen enthielten: N 1,4-2,6%; P 0,25-0,33%; K 1,4-2,2%; Mg 0,08-0,19%; Ca 0,3-0,9%. Desweiteren wurden die Nährstoffgehalte (kg/ha) der oberirdischen und unterirdischen Pflanzenteile im a) August und b) Oktober ausgewertet und folgende Ergebnisse erzielten: a) Oberirdisch/ Wurzel: N 45/35; P 5,5/4,7; K 45/35; Mg 4,0/3,5; Ca 14/4 und b) N 22/90; P 3,5/13; K 35/78; Mg 2,2/4,7; Ca 18/7,5. Die besonders aufwendigen Bestimmungen des Wurzelsystems basieren auf komplett ausgegrabenen Wurzeln. Andere Angaben aus der

Literatur basieren oftmals nur aus hochgerechneten Stichproben, in denen lediglich die Wurzelanteile aus Bodenstichproben ermittelt wurden.

In anderen Untersuchungen von Paschold (1999) sollte die N- Düngung auf der Basis von N_{min} - Bodenanalysen erfolgen, um die erheblichen Veränderungen im Boden einer Spargelanlage zu erfassen und auch der Düngeverordnung zu entsprechen. Für Bestände ab dem dritten Standjahr wird ein Sollwert von 90 kg N/ha für die Bodenschicht 0 bis 90 cm empfohlen. Damit können die höchsten Erträge an Handelsklasse I erzielt werden. Im Zeitraum von vier Jahren schwankten die N_{min} - Reste Anfang Dezember bei diesem Sollwert zwischen 5 und 56 kg N/ha, beim Sollwert 120 kg N/ha zwischen 13 und 111 kg N/ha. Folgende Versuchsfrage stellte sich: Welche N- Düngermengen sind erforderlich, um auf einem Sandboden mit 1% Humusgehalt einen hohen Ertrag an Handelsklasse I zu erzielen? Für den Parzellenversuch wurde Spargel der Sorte 'Huchels AM 33' genommen und bei einer Bestandsdichte von 13.000 Pfl./ha mit einem Pflanzabstand von 0,5m x 1,5m (0,75 qm/Pfl.) zur N- Düngung ohne Bewässerung gepflanzt.

Es wurden vier Varianten zur Untersuchung der N_{min} -Sollwerte (kg/ha) beim Spargelanbau mit 30, 60, 90 und 120 N kg/ha ausgewertet und folgendes Ergebnis erreicht: Beim Spargelanbau kann man den ökologischen Erfordernissen hinsichtlich des Grundwasserschutzes entsprechen, wenn die entsprechenden Anbauempfehlungen eingehalten werden. Unter Berücksichtigung der vorliegenden Ergebnisse wird ein Sollwert von 90 kg N/ha für die Bodenschicht 0-90 cm für die Bestände ab dem dritten Standjahr empfohlen.

3.3.2 Möglichkeiten der Qualitätserhaltung in der Nachernteperiode besonders durch Lagerung

In der Nachernteperiode existieren die verschiedensten Faktoren, die die Qualität von Spargel beeinflussen können. Das Erhalten einer möglichst hohen äußeren und inneren Qualität der Stangen ist Ziel aller Maßnahmen- so auch der Lagerung- im Zeitraum von der Ernte bis zum Verkauf.

Die Benutzung niedriger Temperaturen erweitern die Lagerfähigkeit von Obst und Gemüse seit der Antike, während die negative Wirkung von niedrigen Temperaturen (unter 10°C) auf die Lagerfähigkeit von tropischen Pflanzen und Gütern erst seit dem achtzehnten Jahrhundert bekannt ist (Paull 1999). Niedrige-Temperatur-Lagerung hat den zusätzlichen Nutzen, Nicht-Erscheinungs- Qualitäts-Merkmale zu schützen: Textur, Inhaltstoffe, Duft und Aroma. In kommerzieller Handhabung stimmt die Lagerfähigkeit von Gütern nicht immer mit Laborstudien überein. Die Verteilungskette lagert jedes Gut unter idealen Möglichkeiten bezüglich

der Wahl von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit. Diese Auswahl kann zu einem physiologischen Nachdruck und Verlust der Lagerfähigkeit und Qualität führen. Diese Bedingungen, besonders späte in der Handhabungskette des Einzelhandels, erfordern, daß alle Teilnehmer an der Verteilungskette ihr Verständnis der Notwendigkeit vergrößern, das Management bei der Handhabung von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit zu verbessern und Verluste in der Qualität zu beschränken.

Der Weltmarkt für frischen Spargel wächst. Weil Stangenspargel eine der höchsten Atmungsraten aller Obst- und Gemüsearten hat und dadurch ein schnelles Altern nach der Ernte durchmacht, erfordert das Beliefern des Marktes die sorgfältigste Nacherntebehandlung (Klieber und Wills 1992). Lagertemperatur und Kühlzeiten können die Qualität und Lagerfähigkeit des Spargels drastisch beeinflussen.

Von Beaudry (o.J.) wurden die Atmungsrate und die Konzentration von Saccharose, Glukose und Fruchtzucker entlang der Länge der intakten Spargelstangen während einer 23-tätigen Lagerung bei 0°C gemessen. Die Kohlendioxidproduktion auf jeder der fünf Positionen entlang der Stange war zuerst hoch, machte aber eine schnelle und umfangreiche Abnahme in den ersten 24 h nach der Ernte durch; danach fuhr sie langsam fort. Die Atmungsrate war an der Spitze am höchsten (Abschnitt 1) und abnehmend mit der Entfernung von der Spitze (Abschnitt 2 durchgehend bis 5). Zuerst war sie an der Spitze ungefähr vier mal so hoch wie am Stangenende, aber nach 23 Tagen Lagerung bei 0°C war sie nur noch zwei mal so hoch wie am Stangenende. Die Zuckerniveaus wurden in den Abschnitten 1 bis 4 gemessen. Sie sanken mit der Zeit, aber erhöhten sich, anders als die Atmung, mit dem Abstand von der Spitze. Saccharose machte eine schnelle Abnahme innerhalb der ersten 24 h der Lagerung in der Spitze und in den Abschnitten 3 und 4 durch. Die Saccharoseentleerung war in den Spitzen am umfangreichsten und erreichte mehr als 95% bis zum 23. Tag. Die Glukose machte zu Beginn eine schnelle Abnahme im Abschnitt 2 durch. Die relativ höhere Rate der Glukoseentleerung im Abschnitt 2 unterstützt die Atmung und die Zellwandbiosynthese. Saccharose/Fruchtzucker und Saccharose/Glukose verringerten sich in der Spitze und erhöhten sich für den Abschnitt 2 mit der Lagerdauer.

Von Downs u.a.(1994) wurden zwei eindeutige Formen der Glutaminsynthetase (GS) im Gewebe von geernteten Spargelköpfen (*Asparagus officinalis* L.'Limbras 10') identifiziert. Sie haben kinetische Eigenschaften, enthalten Polypeptide der unterschiedlichen Größen und die Vorkommen der GS isoforms verändern sich nach der Ernte. Plastid GS hat ein 44 kD polypeptid und während der Nachernteperiode sank der Überfluß an diesem Polypeptid drastisch. Nach fünf Tagen war die Tätigkeit von plastid GS bis auf 20% gegenüber der Ernte

gesunken. Cytosolic GS hat ein 40 kD Polypeptid und ist Hauptbestandteil der GS-Tätigkeit der vorhandenen Ernte (73% der Gesamtmenge). Nach der Ernte sank die cytosolic GS-Aktivität auf die Hälfte. Am 3. oder 4. Tag nach der Ernte stieg sie auf 80% der Ernte an. Der Stickstoffmetabolismus der Spargelstangen wird erheblich geändert, während sich das Gewebe nach der Ernte schnell verschlechtert. Es wird gezeigt, daß die Cytosolic GS-Tätigkeit sich während der Nachernteperiode erhöht und wahrscheinlich kritische Wirkungen auf die Physiologie der gernteten Spargelköpfe hat.

Die Untersuchungen von Gimeno u. a. (1998) umfaßte die Überwachung von Haltbarkeit und Verderb von verpacktem grünem Spargel bei Lagertemperaturen von 2, 4, 8, 12 und 20°C. Die Veränderungen von Kohlendioxidgehalt, Sauerstoffkonzentration und pH-Wert wurden aufgezeichnet. Die Voraussagen wurden genutzt, um eine theoretische Lagerfähigkeitszeit und Temperatur zu bestimmen. Der Befall mit psychrotropic Bakterien sorgt für einen hohen Verderb von verpacktem grünem Spargel. Die Temperatur beeinflußt das Wachstum der Mikroorganismen, so daß die Lagerfähigkeit von verpacktem grünem Spargel durch Veränderung der Temperatur zu verlängern ist.

Bereits während der Ernte kann der Anbauer entscheidenen Einfluß auf die Frische/Haltbarkeit bzw. visuelle Qualität der Spargelstangen nehmen, denn Rotverfärbungen wirken sich negativ auf den Erlös beim Bleichspargel aus; deshalb ist dem bereits am Feldrand entgegenzuwirken. In einem Geisenheimer Versuch (Clemens u. a., 2001) mit fünf Varianten (Standardlagerung, Alufolie oder feuchtes Tuch, Isolier-/ Befeuchtungsbehälter, Brucheislagerung und Wasserlagerung) zeigte Spargel bei Aufbewahrung in einem Isolierbehälter, mit Brucheis oder in Wasser getaucht weniger Rotfärbung als in einer offenen Kiste am Feldrand stehend. Bereits mit relativ einfachen Mitteln kann somit der Rotverfärbung entgegengewirkt werden. Der Versuch wurde mit der holländischen Sorte 'Backlim', abgedeckt mit schwarzer Taschenfolie, vorgenommen und zeigte, daß die Rotfärbung des Spargels durch Aufbewahren in Behältern mit Brucheis sowie Wasser signifikant, im Isolierbehälter tendenziell reduziert werden konnte.

Das Vorhandensein von Anthocyan in Bleichspargelstangen ist offensichtlich, wenn sich in den Spitzen purpurrote Farbe entwickelt (Siomos 2001). Der Grad der Spitzenfärbung ist eine grundlegende Qualität, die für das Sortieren des Bleichspargels in Handelsklassen beachtet werden muß.

In Ermangelung von Lichtes tritt die Anthocyaninsynthese in Bleichspargelstangen nicht auf. Die Stangen müßten für mindestens 3 Std. dem Licht ausgesetzt werden, damit die Anthocyaninsynthese fortfährt (Siomos u. a., 1995).

Siomos (2001) hat herausgefunden, daß nach einer Ausgangsanregung durch Licht die Anthocyaninsynthese in geernteten Bleichspargelstangen, ungeachtet der Temperatur und Lichtbedingungen während der Lagerung, in der Luft auftritt.

Mit der Entwicklung der neuen halbdurchlässigen Plastikfilme können weitere Untersuchungen zur Lagerung in geänderter Atmosphäre durchgeführt werden (Lipton 1990). Davon verspricht man sich eine längere Haltbarkeit der Stangen mit dieser Technologie (Tomkins und Cumming 1988; Baxter u.a., 1991; Everson, u.a., 1992). Ein weiterer Vorteil der perforierten Folie ist die Verhinderung des Gewichtsverlustes wegen der Wahrung der hohen relativen Luftfeuchtigkeit- ein Hauptvorteil des Verpackens in dieses Material. Der vorteilhafte Effekt dieser Praxis beim Spargel war in diesen Untersuchungen offensichtlich und stimmte mit anderen Studien überein (Tomkins und Cumming 1988). Die eingewickelten Stangen hatten die beste Farbe, da die weiße Farbe während des Lagerzeitraums von 6 Tagen behalten wurde (Siomos 2000).

Frische Spargelstangen sind auch gegen natürliche geotropische Wachstumsbiegung empfindlich und die Krümmung oder das Verbiegen der Stangen trägt zur Qualitätsminderung bei (Lipton 1990). Diese nicht wünschenswerten Änderungen können durch eine Kombination des schnellen Abkühlens nach der Ernte, Ablage bei niedrigen Temperaturen und Gebrauch von kontrollierter oder geänderter Atmosphäre im Lagerraum verringert werden. Die Temperatur der Spargelstangen sollte nach der Ernte verringert werden, um die Qualität beizubehalten. Die Stangen, die bei 2°C gelagert wurden, zeigten wenig Biegung nach 6 Tagen, ungeachtet, ob die Stangen mit geheiztem Wasser oder nicht behandelt wurden.

Auch folgende Behandlungsmethode kann nach Paull u. a. (1999) zur Qualitätssicherung betragen. Es wurden Spargelstangen mit gleicher Länge (18 cm) und einem Durchmesser von 5-20 mm nach der Ernte im heißen Wasserbad bei 42.5 -50 °C 2.5 bis 12.5 Minuten erhitzt. Nach der Behandlung wurde der Spargel für 10 Minuten in Eiswasser gekühlt. Danach wurde er in feuchte Tücher und zusätzlich in Plastikbeutel gepackt, um eine gleichbleibende Feuchtigkeit zu gewährleisten. Anschließend wurde der Spargel 7 Tage bei 10°C gelagert. Die Behandlung von Spargelstangen bei 42.5°C für 10 min. im heißen Wasser und eine anschließende Lagerung bei 10°C für 7 Tage reduzierte die Krümmung der Stangen von 28° auf 13°.

Eine weitere Qualitätsminderung ist das Verholzen der Spargelstangen, der man durch bestimmte Lagerverfahren entgegenwirken kann (Chang 1987). So wird das Verholzen durch Enzyme, wie Phenylalaninammoniak- Lyase, Peroxydase und Isoperoxydasen gesteuert. Temperatur und Licht regen die Tätigkeit der genannten Enzyme an und erhöhen folglich die

Verholzung. Ist dies bekannt, so kann man der Verholzung erfolgreich entgegenwirken. Physiologische und kreative Änderungen während der Lagerung der Spargelstangen können die Qualität verringern, umfassend das Bastigwerden und den Wasserverlust sowie Änderungen in den Gehalten von Ascorbinsäure, Kohlenhydraten, Proteinen und Aminosäuren.

Neben der Behandlung mit Eiswasser am Spargelfeldrand, dem raschen Kühlen der Stangen nach der Ernte und dem Verpacken in perforierte Folie gibt es noch weitere Nacherntemethoden zur Qualitätserhaltung der Spargelstangen: die Kühllagerung und die CA- Lagerung (Controlled Atmosphere). Dabei wird der Spargel einer bestimmten Atmosphäre (CO_2 und O_2 – Konzentration, einer bestimmten Temperatur und Luftfeuchtigkeit in Kombination mit Licht oder Dunkelheit) ausgesetzt. Die Kühllagerung wird besonders für den Transport des empfindlichen Ernteguts vom Erzeuger bis zum Einzelhändler angewandt. Dabei ist es egal, ob es sich um den Transport per LKW, Schiff oder Flugzeug handelt. Hurst, Boulton und Lill (1998) verwendeten die Spargelsorten 'Limbras 10' und 'Jersey Giants' mit einer durchschnittlichen Länge von ca. 200 mm (110, 180 und 250mm) für die Versuche. Die Stangen wurden nach der Ernte in Eiswasser gelegt und innerhalb einer Stunde nach der Ernte, in Plastikkisten liegend, verpackt ins Versuchslabor gebracht. Für das Experiment wurden die Spargelstangen bei vier verschiedenen Temperaturen (5, 10, 15, 20°C) für bis zu 48 Stunden (12, 24, 48 h) gelagert. Die Enden der kürzeren Spargelstangen speichern während der Lagerung bei 20°C mehr Asparaginsäure. Die Produktion von Asparaginsäure während der Lagerung nahm mit der Lagerzeit immer mehr zu. Der höchste Wert war nach einer 48-stündigen Lagerung zu ermitteln. Es gab ein starkes quadratisches Verhältnis zwischen dem Gehalt an Asparaginsäure in den Spargelköpfen, der Temperatur und dem Aminosäuregehalt. Letzterer war allerdings von der Sorte abhängig. Die Asparaginsäure-Konzentration in den Spargelköpfen dient so als Frischemerkmal (je niedriger der Gehalt an Asparaginsäure, desto frischer der Spargel).

Eine Quelle (Lopez u.a. 1996) berichtet über die Aminosäure, in- vitro Proteinverdaulichkeit und diätetische Faser-Veränderung im grünen Spargel während der Entwicklung und der Verarbeitung. Grüne Spargelstangen wurden in dünn (F, $\leq 8\text{mm}$), mittel (M, 9-11 mm), dick (T, 12-14 mm), sehr dick (VT, 15-19 mm) und besonders dick (ET, 20mm oder mehr) eingestuft. Spargel wurde als gute Proteinquelle gefunden und enthielt die meisten wesentlichen und unwesentlichen Aminosäuren. Jedoch verringerten sich die Arginin, Cystein-, Gamma- Amino- Buttersäure-, Glutamin-, Lysin-, Ornithin-, Phenylethanolamin-, Serin- und Taurininhalt erheblich mit dem Blanchieren und Konservieren. Grünes

Spargelprotein erreichte ein ausreichendes Aminosäureergebnis gemäß FAO/WHO-Empfehlung und schien die meisten essentiellen Aminosäuren beizusteuern, ausgenommen Histidin und Lysin. Die In- vitro Proteinverdaulichkeit neigte dazu, sich während der Entwicklung zu verringern (77% bei F bis 71% bei ET) und verbesserte sich während der Verarbeitung, hauptsächlich nach dem Blanchieren. Die Zunahme der löslichen diätetischen Faser und die Abnahme an der unlöslichen diätetischen Faser während der Verarbeitung könnte sich auf die Verbesserung von in- vitro Proteinverdaulichkeit beziehen.

Siomos u.a. (2000) kamen in einer Studie, in der mehrere Faktoren geprüft wurden, zu folgendem Ergebnis: Frisch geerntete weiße Spargelstangen wurden zu jeweils 500 g Bündeln in Folie gewickelt. Die verpackten Spargelbunde wurden anschließend bei 2.2°, 5°, 10°, 15°, 20° und 25°C entweder bei ständiger Dunkelheit oder Licht ($15 \pm 1.9 \text{ W m}^{-2}$) für 6 Tage gelagert. Bei allen Temperaturen entwickelte sich eine Atmosphäre von 4.5- 6.9% CO₂ und 3- 6.7% O₂ während der ersten Stunde; nach 8 Stunden erhöhte sich der CO₂- Gehalt bis maximal 5.8- 9.8%, wohingegen sich der O₂- Gehalt auf minimal 0.7- 1% verminderte. Das Gleichgewicht der Atmosphäre lag bei 4.6- 7% CO₂ und über 1% O₂. Die Anthocyaninsynthese und der Ascorbinsäure- Zusammenbruch in den Spargelpäckchen wurde während der 6-tägigen Lagerung unterdrückt. Bei einer Lagertemperatur über 15°C verschlechterte sich die visuelle Qualität und es entwickelte sich ein strenger fauliger Geruch. Das Licht hatte keine besondere Wirkung auf die Qualität der Spargelstangen.

Erhöhte Konzentrationen von Kohlendioxid (CO₂) und reduzierte Sauerstoff (O₂)- und Ethylen- Konzentrationen können in nützlicher Ergänzung mit der optimalen Temperatur und Luftfeuchtigkeit die Frische von Obst und Gemüse nach der Ernte bewahren (Kader 1989). Die modifizierte Atmosphäre begünstigt die reduzierte Atmung des Lagerguts, die Ethylenproduktion und Empfindlichkeit gegen Ethylen. Sie kann die Reifung verzögern und das Verderben des Lagerguts reduzieren. Es lassen sich ebenfalls Resultate aus in polymeren Folien verpackten frischen Naturerzeugnissen, die in einer modifizierten Atmosphäre lagern, ziehen. Die Atmosphärenmodifikation innerhalb solcher Verpackungen hängt von der Foliendurchlässigkeit, der Atmungsrate und Gaskonzentration und der atmosphärischen Zusammensetzung innerhalb der Verpackung ab. Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Luftzirkulation um die Packung können Einfluß auf die Foliendurchlässigkeit ausüben. Die Temperatur beeinflusst auch die Stoffwechselaktivität der Ware. Berücksichtigt man alle Faktoren, so erreicht man die gewünschte optimale modifizierte Atmosphäre für das Lagergut. Die mit Abstand umsatzstärkste Gemüseart in Deutschland ist Spargel (Hönemann u.a.1999). Rund 95% der stetig steigenden Ertragsflächen von zur Zeit rund 12000 ha sind weißer

Spargel, der Rest wird grün geerntet. Durch Sortenumstellung, Bewässerung und intensiven Folieneinsatz ist davon auszugehen, daß sich die Ertragspotenz dieser kostenintensiven Dauerkultur weiter erhöht. Das Marktangebot der letzten Jahre war phasenweise durch extreme Angebotstäler und bei Tagestemperaturen über 25°C durch extreme Übermengen und in Folge durch wochenlange Dauerniedrigpreise (z.B. Juni 1996 und Mai 1998) gekennzeichnet. Diese Entwicklung untertreit die Notwendigkeit qualitätserhaltender Maßnahmen nach der Spargelernte.

Neben der sorgfältigen Nacherntebehandlung der Spargelstangen durch sofortiges Herunterkühlen der Stangen und fachgerechtes Verpacken ist der gekühlte Transport vom Erzeuger über den Großhandel zum Einzelhändler ein ebenfalls wichtiger Faktor, bei dem bei unsachgemäßer Behandlung die Qualität des Spargels stark leidet.

3.3.2.1 Kühlagerung während des Transportes vom Erzeuger zum Einzelhändler

Bleichspargelstangen wurden während des Frühjahrs 1992 von Galatades (Zentralmacedonien Griechenland) in vier gekühlten Lastwagen nach München/ Deutschland versandt (Siomos u.a. 1995). Die Qualität des Spargels wurde in folgenden Stadien ausgewertet: a) sofort nach der Ernte, b) nach der Behandlung des Erzeugers, c) nach Behandlung im Lagerhaus, d) nach Ankunft am Großhandelsmarkt in München und e) am Einzelhandelsmarkt durch Messung von Gewichtsverlust, Fasergehalt, Härte, Anthocyaningehalt und den 3 Grundfarben. Der Gesamtgewichtsverlust war hoch und in einigen Fällen war er nicht annehmbar (>8%). Den höchsten Gewichtsverlust pro Tag gab es während des Verteilungszeitraums und die purpurne Verfärbung der Spargelköpfe minderte die Regalqualität zunehmend. Auch die Verfestigung des Spargelkopfes nahm während der Verteilung vom Großmarkt in die Läden am meisten zu. Die Verfestigung der Spargelstangen in der Mitte begann während der Handhabung im Packhaus oder später während des Transportzeitraums.

Behandlung und Transitbedingungen (Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit) wurden ständig überwacht. Der gesamte Transitzeitraum von der Ernte bis zum Einzelhandelsgeschäft in München dauerte 174 Stunden; die meiste Zeit benötigten die Verpackungsbetriebe (61,3 Std.) und der Transport (38,9 Std.). Jedoch verbrachte das Produkt im Großhandelsmarkt einen erheblichen Zeitraum (37,3 Std.) bis zur Verteilung auf die Einzelhandelsgeschäfte. Die durchschnittliche Stangentemperatur während der Behandlung beim Erzeuger betrug 16°C, während der Vorkühlung waren es 1-2°C. Die Transittemperatur innerhalb der Ladung in allen Lastwagen schwankte zwischen 3,1 und 8,8°C; bedeutende Abweichungen der Temperatur wurden in drei Positionen innerhalb jedes Lastwagens gefunden. Die relative

Luftfeuchtigkeit während des Transports war nahe dem Sättigungspunkt. Eine beträchtliche Ansammlung des Kohlendioxids sowie Sauerstoffentleerung wurden in der Atmosphäre gefunden, die das Erzeugnis während der Transportperiode umgab.

Die Wartung einer konstanten optimalen Temperatur während der nach der Ernte einsetzenden Behandlungskette (d.h. vom Erzeuger zum Geschäft) ist eine der schwierigsten Aufgaben (Brecht u. a. 2002). Selbst wenn ein Transport durch LKW oder auf dem Seeweg zufriedenstellende Temperaturen zur Verfügung stellen kann, kann die Transportzeit zu lang sein, damit schnell verderbliche Produkte über lange Zeiträume transportiert werden können. Jedoch sollte man bedenken, daß der Lufttransport gewöhnlich einen bedeutenden Bruch in die Kühlkette der leicht verderblichen Waren miteinbezieht. Die Hauptursachen für diesen Bruch sind entweder die schwankenden oder sehr hohen/ niedrigen Temperaturen, die häufig während des Fluges angetroffen werden.

Tatsächlich können die schwankenden Temperaturen, die häufig während der Behandlungskette angetroffen werden, einen sehr negativen Effekt auf der Qualität der Gartenbauprodukte haben (Nunes u.a., 1999; Nunes u. a., 2001).

3.3.2.2 Wirkung der Kühlagerung/ CA- Lagerung auf die inneren und äußeren Qualitätsmerkmale am Beispiel von Spargel sowie anderen Gemüse- und Obstarten

Die Modifizierte Atmosphäre (MA)-Verpackungstechnologie ist eine moderne Technik, bei der die Anwendung ständig wächst (Evelo u.a. 1996). Ihr wesentliches Ziel soll den Zerfall des verderblichen Erzeugnisses verringern, indem es eine spezielle Atmosphäre um das Erzeugnis verursacht. Die MA- Faktoren, die das Qualitätsverhalten des Erzeugnisses beeinflussen, sind Sauerstoffkonzentration, Kohlendioxidkonzentration und relative Luftfeuchtigkeit. Ein MA- Modell errechnet die Sauerstoff- und Kohlendioxidkonzentration innerhalb des Pakets. Ein modifiziertes Feuchtigkeits (MH)- Modell errechnet die Feuchtigkeit innerhalb des Pakets. Die Aspekte, die durch das Verpackungskonzept, wie Maße, Gas- und Wasserdampfdurchdringungseigenschaften, das Vorhandensein der Wasseraufnahmematerialien festgestellt werden, sind eingegebene Parameter der MA- und MH- Modelle. Ein Modell ist für die Wasseraufnahme durch einen zusätzlichen Wasseradsorbent im Paket abgeleitet worden. Die Beschreibung des Erzeugnisses basiert auf der biochemischen Beschreibung von Atmung und einer körperlichen Beschreibung für den Wasserverlust. Die MA- und MH- Modelle können unabhängig entwickelt werden.

Eine Methode, um den Sauerstoffinhalt und die Sauerstoffdurchlässigkeit in der Zusammensetzung zu bestimmen, wird von Flodin u. a. (1999) beschrieben. Diese Methode

kann für Pakete mit unterschiedlichen Folien verwendet werden: ganz, mit Nadellöchern oder größerem Defekt (Riß). Sie erfordert einen kleinen speziellen Apparat. Die Ergebnisse sind für die Qualitätssteuerung der modifizierten Atmosphäre relevant.

Resultate dieser und anderer ähnlicher Studien veranschaulichen, daß O₂- und CO₂-Niveaus justiert werden müssen, um ihre vorteilhaften Effekte auf die Qualitätseigenschaften von Obst und Gemüse abhängig von der Temperatur während der Nacherntebehandlung zu maximieren (Brecht 2002).

Erhöhte Konzentrationen von Kohlendioxid (CO₂)- und reduzierte Sauerstoff (O₂)- Gehalte und Ethylen- Konzentrationen können in nützlicher Ergänzung mit der optimalen Temperatur und Luftfeuchtigkeit die Frische von Obst und Gemüse nach der Ernte bewahren (Kader u. a. 1989). Die modifizierte Atmosphäre begünstigt die reduzierte Atmung des Lagerguts, die Ethylenproduktion und Empfindlichkeit gegen Ethylen. Sie kann die Reifung verzögern und das Verderben des Lagerguts reduzieren. Es lassen sich ebenfalls Resultate aus in polymeren Folien verpackten frischen Naturerzeugnissen, die in einer modifizierten Atmosphäre lagern, ziehen. Atmosphärenmodifikation innerhalb solcher Verpackungen hängt von der Foliendurchlässigkeit, der Atmungsrate und Gaskonzentration und der atmosphärischen Zusammensetzung innerhalb der Verpackung ab. Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Luftzirkulation um die Verpackung können Einfluß auf die Foliendurchlässigkeit ausüben. Die Temperatur beeinflusst auch die Stoffwechselaktivität der Ware. Berücksichtigt man alle Faktoren, so erreicht man die gewünschte optimale modifizierte Atmosphäre für das Lagergut. Bei einem Versuch von Brash u.a. (1995) mit vier Wiederholungen wurde die Atmungsrate von Spargelstangen bei Temperaturen von 0, 5, 10, 15 und 20 °C sowie den Zeitabständen von 3, 12, 30, 54, 78 und 102 Stunden Lagerung nach der Ernte ermittelt. Anschließend wurden alle Spargelbunde bei einer Temperatur von 20°C und einer insgesamt 105- stündigen Lagerung auf ihre Lagerfähigkeit und visuelle Qualität eingeschätzt. Es trat eine starke negative Beziehung zwischen der Atmungsaktivität nach der Ernte (CO₂- Herstellung) und der noch vorhandenen Restlagerfähigkeit auf ($r^2 = 0.95$). Die angehäuften CO₂- Herstellung nach der Ernte könnte ein nützlicher Hinweis für die Restlagerfähigkeit von Spargel und vielleicht anderer Ernten sein. Die zusammengetragenen Daten dieses Versuchs zeigen, daß die Temperatur und Lagerdauer nach der Ernte einfacher meßbar sind und eine genaue Vorstellung von der CO₂- Produktion gegeben werden kann.

In Versuchen von Siomos u. a. (2001) wurden frisch geerntete weiße Spargelstangen drei Stunden lang nach der Ernte dem Licht ausgesetzt und dann für 6 Tage bei einer Temperatur von 2.5 °C unter ständiger Lichteinwirkung oder in ständiger Dunkelheit unter folgenden

Lagerbedingungen gelagert: (a) Luft: 1, 2.5, 5, 10 oder 15% O₂ und (b) Luft: 1, 2.5, 5, 10 oder 15 % CO₂. Einige Stangen wurden erst einer 100%igen CO₂- Atmosphäre für 0, 6 oder 24 Stunden bei einer Temperatur von 5 oder 20°C ausgesetzt, um danach bei einer Temperatur von 2.5°C für vier Tage zu lagern. Anschließend wurden diese Stangen dann bei 20 °C für mehr als einen Tag gelagert, um die Farbveränderungen zu analysieren. In den an der Luft gelagerten Stangen wie auch an allen Stangen, die unter O₂- Konzentration gelagert waren, wurde der Anthocyanin- Gehalt bedeutend größer. Dies resultierte in einer starken purpurnen Farbe in den Spargelköpfen. Die Zunahme des Anthocyanin- Gehaltes nach der Ernte wurde verhindert und die Stangen hatten eine sehr gute Farbe, wenn sie in einer Atmosphäre mit einer CO₂- Konzentration von $\geq 5\%$ in der Dunkelheit oder einer CO₂- Konzentration $\geq 10\%$ im Licht gelagert wurden. Setzte man die Stangen einer kurzen 100%igen CO₂- Konzentration vor der eigentlichen Lagerung aus, wirkte sich das Ergebnis auf die Anthocyaninproduktion und somit auf die Verfärbung der Stangen ebenso positiv aus.

Ein kolorimetrischer Ninhydrinversuch, angeblich spezifisch für Asparagin, ist veröffentlicht worden (Sheng u.a., 1993). Die Eignung dieser Methode, um Asparagin festzustellen, wurde von Hurst u.a. (1995) geprüft, indem man sie verwendete, um die Asparaginniveaus in den Spitzen der geernteten Spargelstangen zu messen. Um diese zu erhalten, mischte man 1ml 62,5% Methanol mit 10mg gefriergetrockneten Spargelspitzen (gewonnen aus einer 0-30mm großen Portion der Spargelköpfe) einer 18 cm langen Spargelstange, die bei 20°C für 3 Tage gelagert wurde. Verglichen mit unserem chromatographischen Standardverfahren (X), überschätzte der kolorimetrische Versuch (Y) Asparagin im Spargel, obwohl die Resultate von den zwei Methoden in sehr hohem Grade korrelierten ($r = 0.997$, $P = 0.003$). Indem andere Aminosäuren in der Probe geprüft wurden, konnte gezeigt werden, daß sie auch mit Ninhydrin bei den Versuchsbedingungen von Sheng u.a. reagieren. Insbesondere gab Prolin eine verdoppelte Reaktion als Asparagin und die Reaktion mit Phenylalanin war die Hälfte des Asparagins. Es wird angenommen, daß die Überschätzung des Asparagins durch die Ninhydrinmethode an der additiven Antwort der anderen Aminosäuren liegt, die im Spargel vorhanden sind. Es wird gefolgert, daß die Methode für die Routineermittlung des Asparagins im Spargel ungeeignet ist.

Siomos u.a. (1994) lagerten weiße Spargelstangen der Doppelhybride 'Larac' von 22 cm Länge und 16- 24 mm Durchmesser der Handelsklasse I, gepackt zu jeweils 500 g Bündeln (10-12 Stangen) 6 Tage in Luft bei Temperaturen von 2.5°, 5°, 10°, 15°, 20° und 25°C unter kontinuierlichem fluoreszierendem Licht oder in Dunkelheit. Bestimmt wurden Trockensubstanz, lösliche Substanz, Ascorbinsäure und Anthocyanin- Gehalt sowie der

Gewichtsverlust und die 3 Grundfarben der Stangen. Wenn die Stangen bei 2.5° und 5°C gelagert wurden, veränderte sich der Trockensubstanzgehalt während der 6- täglichen Lagerung nicht. Der lösbarer Feststoffgehalt der Stangen verminderte sich während der 6- täglichen Lagerung bei allen Temperaturen. Bei 25°C verminderte sich der lösbarer Substanzgehalt um mehr als 5 mal gegenüber einer Temperatur von 2.5°C.

Der Gehalt an Trockensubstanz nimmt mit Zunahme der Temperatur linear ab, unabhängig von Dunkelheit oder Licht. Bei 25°C gab es eine 4 mal so große Verminderung des TS-Gehalts als bei einer Temperatur von 10°C. Die Anwesenheit von Licht bei der Lagerung hatte einen kleinen oder gar keinen Einfluß auf die Trockensubstanz, den löslichen Substanzgehalt und Ascorbinsäuregehalt sowie auf den Gewichtsverlust der Stangen. Der Ascorbinsäuregehalt der Stangen verminderte sich bei allen Temperaturen. Mit der Zunahme der Temperatur nahm er drastisch ab.

Eine Anthocyanin-Synthese wurde bei allen Temperaturen sowohl im Licht als auch in der Dunkelheit beobachtet, wobei die purpurne Farbe in den 3 cm langen Spargelspitzen erschien. Der Wasserverlust der Stangen wurde exponential mit der Temperatur, sowohl im Licht als auch in der Dunkelheit größer.

Anhand einer Studie wurde von Zurera u.a. (2000) eine Auswertung vom Grad des Bastigwerdens von Spargel, der morphologischen Zellunterschiede der Gefäßbündel gemacht. Durch mikroskopische Untersuchungen wurde die Dicke der Zellwände der Spargelstangen quantifiziert, um den Umfang der Verfestigung zu ermitteln. Gleichzeitig wurde eine technische Studie durchgeführt, bei der für die Bruchteile der Fasern von Spargelstangen chemische Extraktionsverfahren angewandt wurden. Bei den beiden verwendeten Methoden wurden statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Sorten, der Dicke und den Abschnitten der Spargelstangen beobachtet. Unterschiedliche Faktoren wie Reifegrad, Stangenteile, Erntemomente, Art und Zeit der Lagerung haben einen Einfluss auf die Festigkeit (Bastigwerden) von Bleichspargel, die in Betracht genommen werden sollten, um die Qualität des Spargels zu standardisieren.

Siomos u.a. (1994) lagerte Bleichspargelstangen der Doppelhybride 'Larac' 6 Tage lang bei Temperaturen von 2.5°, 5°, 10°, 20° und 25°C in Luft unter kontinuierlichem Leuchtstofflicht oder in Dunkelheit. Fasergehalt und Härte wurden an drei Punkten gemessen: bei 7 cm (Spitze), 14 cm (Mitte) und 21 cm (Schnittfläche). Die größten Veränderungen waren im Zusammenhang mit der Lagerungsdauer, Temperatur und der Wechselwirkung zwischen Temperatur und Lagerungsdauer festzustellen. Der Fasergehalt wie auch die Zähigkeit der Spargelspitzen und im mittleren Stangenabschnitt nahmen während der 6- täglichen Lagerung

bei Temperaturen über 2,5°C bzw. 5°C zu. Es gab keine Veränderung der Härte an der Schnittfläche bei einer erhöhten Temperatur. Bei der 6-tägigen Lagerung zeigte die Spargelspitze die relativ höchste Verholzungsrates. Stangen, die zwischen 10- 20°C im Dunkeln gelagert wurden, haben einen höheren Fasergehalt als Stangen, die bei Licht gelagert wurden. Bei niedrigeren Temperaturen (< 10°C) war die Spargelspitze der Stangen, die in Dunkelheit gelagert wurden, haltbarer, das Gegenteil wurde bei hohen Temperaturen beobachtet (> 15°C).

Das eintägige Aussetzen von geernteten Spargelstangen kontrollierter Atmosphären, die 20% Kohlendioxid (CO₂) enthalten, verringerte in Untersuchungen von Lipton (1968) effektiv die Ausdehnung der bakteriellen Weichfäule am Stangenende während der folgenden Lagerung der Stangen in normaler Atmosphäre der Luft für ungefähr 1 Woche bei 2.2°, 5° oder 10°C. Die zuerst hohe (20%) aber stufenweise abnehmende Konzentration von CO₂ verringerte die Weichfäule an den Stangenenden in einem simulierten Luftdurchfahrtstest von 4 Tagen bei 15°C. Keine Behandlung war jedoch wirksam beim Reduzieren von Weichfäule an den Spitzen. Die bakterielle Weichfäule an den Spitzen der Stangen war in den festen Spitzen erheblich niedriger als in den anfälligeren losen Spitzen. Das Ausmerzen der Stangen mit losen Spitzen vor dem Versand würde die Verluste verringern.

Lipton (1965) hielt gestochenen grünen Spargel 7 Tage in einer Atmosphäre mit verschiedenen Konzentrationen von CO₂ (0-30%) und O₂ (0-21%) bei 3° oder 6°C, um anschließend zwei Tage in Luft bei 15°C weiter zu lagern. Wachsende Niveaus von CO₂ reduzierten das Auftreten und den Schweregrad der bakteriellen Weichfäule an den Spitzen und an den Schnittenden der Stangen. Dieser Effekt bestand noch, nachdem das Lagergut in Luft bei 15°C gelagert wurde. O₂- Konzentrationen, die sich von 1- 21% erstreckten, hatten eine geringe Wirkung auf die Weichfäule. Atmosphären, in denen O₂ fehlte oder die 20 oder 30% CO₂ enthielten, verursachten schwerwiegende Verletzungen bei 3° oder 6°C, während niedrige Konzentrationen von CO₂ Verletzungen nur bei 6°C verursachten. Im Allgemeinen war die Marktqualität des Spargels höher, nachdem er bei 5 bis 10% CO₂ gelagert wurde als nach der Luftlagerung.

In den Versuchen von Bhowmik u.a. (2002) wurden Spargelstangen in einem Gewächshaus nach dem Mutterstengelverfahren von März bis Oktober geerntet und bei 1,5°C gehalten, um den Effekt einer ausgedehnten Ernteperiode auf die Lagerqualität und Lagerdauer zu untersuchen. Speicherqualität und Lagerbeständigkeit sanken im Verlauf der Erntezeit. Die strukturelle Qualität während der Lagerung wurde für alle Erntemonate in Betracht gezogen. Daraus ergaben sich im allgemeinen verschlechterte Merkmale in der Qualität. Diese

Verschlechterung war für die kühleren Monate höher und kleiner am oberen Teil der Stange als am Stangenende. Bei einer 7-tägigen Lagerung von frisch geernteten Spargelstangen sanken der lösliche Zuckergehalt und der organische Säuregehalt erheblich um bis zu 53%. Die Apfel- und Zitronensäurekonzentrationen sanken um bis zu 46% und die Verluste waren in den Spitzen höher als an den Stangenenden. Bei einer Lagerdauer von maximal 2,7 Wochen sank die strukturelle Qualität um 50%.

Veränderungen, die den Inhalt sowie die Zusammensetzung der diätetischen Faser des Bleichspargels während der Lagerung bei unterschiedlichen Bedingungen (2°C, 2°C in Beuteln aus Polyäthylen mit Luft; 2°C in Beuteln aus Polyäthylen mit einem selektierten Gasmisch) ausgesetzt waren, wurden von Suarez u.a. (1999) untersucht. Durch Gaschromatographie und spektralphotometrische Methode wurden der Neutralzucker und die uronische Säure zum Aufbau der diätetischen Faser festgestellt. Die Beobachtungen bei der bei 2°C gelagerten diätetischen Faser von Spargel zeigten schneller ausgesprochene Veränderungen als die in den Polyäthylenbeuteln. Die wichtigsten Änderungen traten bei Xylose und Glukose von der unlöslichen diätetischen Faser und Galaktose von der löslichen diätetischen Faser auf. Die statistische Analyse bewies, daß diese Änderungen durch die Lagerbedingungen und Lagerdauer erheblich beeinflusst werden können.

In der vorliegenden Untersuchung von Siomos (2001) wurde keine Änderung im Aussehen der Stangen bei jeder möglichen Behandlung beobachtet, die irgendeine Art Verletzung durch niedriges O₂ oder hohe CO₂-Konzentrationen in der Speicheratmosphäre anzeigen könnte. Außerdem wurde erwähnt, daß in den ähnlichen Experimenten (unveröffentlichte Daten) kein merkwürdiges Aroma oder untypischer Geschmack der Stangen zu finden war. Verglichen mit den früheren Reports, waren die O₂-Niveaus in einigen Behandlungen der vorliegenden Untersuchung anscheinend zu niedrig; jedoch hatten jene niedrigen angewendeten O₂-Atmosphären keine schädlichen Effekte auf die visuelle Qualität der Stangen.

Um die Anthocyaninsynthese im Bleichspargel während der Lagerung zu verhindern, sollte man die Stangen bevor man sie in einer Atmosphäre mit 5% CO₂-Konzentration in Dunkelheit oder einer 10%igen CO₂-Konzentration bei Licht lagert, innerhalb der ersten Stunden nach der Ernte eine kurze Zeit einer 100%igen CO₂-Atmosphäre aussetzen.

Bhowmik u.a. (2002) untersuchten Änderungen im Zuckergehalt bei gelagertem Spargel: hierbei trat ein stufenweiser Verlust ($P < 0.05$) des Zuckers bis zu 62% in den gelagerten Stangen während der Lagerperiode auf. Die Abnahme war bei Saccharose, Glukose und Fruchtzucker ähnlich, obgleich Saccharose nur in sehr niedriger Konzentration in den Spitzen und Stangenenden gefunden wurde. Sie prüften auch Änderungen im organischen

Säuregehalt. Während der Lagerperiode sanken die Konzentrationen der Apfel- und Zitronensäure der frisch geernteten Stangen erheblich ($P < 0.05$) um bis zu 46%. In den Spitzen war der Apfelsäuregehalt niedriger als im unteren Teil der Stangen, und die Rate der Verminderung war auch langsam. Andererseits war der Zitronensäuregehalt in den Spitzen höher als an den Stangenenden und die Rate der Verminderung war ausgeprägter.

Bei einer Reihe anderer Gemüse- und Obstarten finden sich in der neueren Literatur interessante Untersuchungsergebnisse zu ihrem Lagerverhalten, von denen einige im Folgenden noch aufgeführt werden sollen.

Janardhana u. a. (1998) studierten die Wirkung von modifizierten Atmosphären Lagerungssystemen (MAS) mit 60% CO₂, 40% CO₂ und 20% CO₂ kombiniert mit N₂ und O₂ (MAS₁: 60% CO₂, 30% N₂, 10% O₂; MAS₂: 40% CO₂, 50% N₂, 10% O₂; MAS₃: 20% CO₂, 70% N₂, 10% O₂) an frischem geerntetem Mais. Das Schimmeln und der Verlust von Nahrungsreserven wurde verhindert. Unter günstigen Lagerbedingungen von 90% relativer Luftfeuchtigkeit und einer Temperatur von 25°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) haben die Maiskörner einen 15- 20 %igen Feuchtigkeitsgehalt nach einer 45- tägigen Lagerung, wodurch das Schimmelwachstum besonders gering ist. Sichtbares Schimmeln konnte um 15 Tage bei 60% CO₂ und 40% CO₂- Atmosphäre hinausgezögert werden.

Erhöhte Konzentrationen von Kohlendioxid (CO₂) können den Sauerstoffverbrauch (O₂) einer bestimmten Anzahl von Obst und Gemüse reduzieren (Peppelenbos u.a. 1996). Diese Sauerstoff herabsetzung kann von vier verschiedenen Hemmarten in einem Enzym- Kinetik- Modell gezeigt werden: (1) der konkurrenzfähige Typ; (2) der unkonkurrenzfähige Typ; (3) eine Mischung der Typen (1 und 2); (4) der außerkonkurrenzfähige Typ. Diese verschiedenen Arten der Hemmung wurden geprüft, wobei man experimentelle Daten benutzt, die mit Daten aus der Literatur ergänzt werden, um den CO₂-Einfluß auf den O₂- Konsum zu beschreiben. Die Gasaustauschrate von Äpfeln ('Golden Delicious', 'Elstar'), Spargel, Broccoli, Mungobohnen- Sprossen und geschnittenem Chicorée wurde unter der breiten Anwendung von O₂- und CO₂- Konzentrationen gemessen. Mit der Erhöhung von CO₂- Konzentrationen, die benutzt wurden, wurde kein Einfluß auf den Gasaustausch von Äpfeln gefunden. Es gab aber einen deutlich hohen Einfluß von CO₂ auf den Gasaustausch der anderen untersuchten Erzeugnisse. Eine gute Einschätzung vom O₂-Verbrauch konnte bei den Hemmungsmodellen erhalten werden. Je nach dem Erzeugnis führte die statistische Analyse zu guten Ergebnissen für die Konkurrenzfähigen und die unkonkurrenzfähigen Typen von Hemmung auf.

Gasaustausch- Modelle werden oft benutzt, um die verschiedenen Gasatmosphären innerhalb modifizierter Atmosphären (MA) Packungen von frischen Pflanzenprodukten vorauszusagen

(Peppelenbos u.a. 1998). Gegenwärtige Modelle beschreiben die CO_2 - Produktion von geernteten Pflanzenprodukten, die allerdings die Hemmung eines teilweise hohen Drucks von CO_2 auf die Gärungsrate nicht klären können, wohingegen die Hemmung vom Pflanzenstoffwechsel oft nachzuweisen ist. Ein bereits bestehendes Gas- Austausch- Modell wurde verändert, um diese Hemmung mit einzubeziehen. Gas- Austausch- Daten von Mungobohnen- Sprossen unter teilweise verschiedenen Drucken von O_2 und CO_2 wurden gesammelt und benutzt, um das Modell zu überprüfen. Mit der modifizierten Anwendung konnte die Herstellung der CO_2 - Quoten besser beschrieben werden. Obwohl die CO_2 - Produktion in geringem O_2 von teilweise hohem Druck von CO_2 reduziert wurde, konnte kein Einfluß auf Äthanol- und Ethanolstufen gefunden werden. Die ermittelten Daten zeigen große Unterschiede zwischen den Gasaustauschquoten verschiedener Stapel von Mungobohnen- Sprossen.

In zwei von Peppelenbos u. a. (1996) entwickelten Modellen wird die CO_2 - Produktion in Obst und Gemüse in Reaktion auf die O_2 - und CO_2 - Konzentration beschrieben. Die Modelle beschreiben eine Mischung aus oxidativen- und fermentativen- Prozessen. Der Unterschied zwischen beiden Modellen ist, das man bei der ATP-Herstellung nur oxidative Prozesse benutzt oder eine Mischung aus oxidativen und fermentativen Prozessen. Man vergleicht die Modelle mit zwei Veröffentlichungen, in denen die O_2 - Konzentration als Hemmstoff der Gärung bei der CO_2 - Herstellung benutzt wird. Verglichen werden die Gas-Austausch- Daten, die man bei der Lagerung von Äpfeln, Spargel, Broccoli, Mungo- Sprossen und geschnittenem Chicorée ermittelt hat. Alle vier Modelle ermöglichen eine erhöhte CO_2 - Produktion bei geringer O_2 - Konzentration. Ein hoher Prozentsatz der Veränderlichkeit wurden allerdings nur in dem bereits veröffentlichten Modell und der neuen Versuchsreihe gefunden die das Oxidative- ATP benutzten. Die Ausführungen der anderen beiden Modelle fallen beträchtlich schlechter aus. Die Ergebnisse konnten jedoch nicht aufklären, ob die Gärungsquoten auf die verminderten O_2 - Stufen zu beziehen sind oder durch Energieeinfluss bedingt sind. Die Verfahren, die benutzt wurden, ermöglichen die Kalkulation von CO_2 - Quoten der verschiedenen Obst und Gemüse, die bei verschiedenen Gasgemischen gelagert werden. Dies erleichtert die Voraussetzung für eine bessere CO_2 - Zugabe innerhalb der Lagerräume und der MA- Verpackungen.

Brokkoli ist ein sehr verderbliches Gemüse mit einem hohen Wassergehalt um 88%. Dieser führt zur raschen Dehydration und wahrscheinlich zu einer Änderung in der Zusammensetzung, wenn die Nacherntebedingungen nicht beherrscht werden (Rodrigues u.a. 1999). Diese Studie wertet das Glucosinolate- Muster und die Glucosinolate- Höhe in den

Haupt- und sekundären Blütenständen von frischem Brokkoli 'Tokyodome' aus. Dazu wurden einige Situationen simuliert, die wahrscheinlich während oder nach der Ernte vorkommen könnten: Raumtemperatur ($\pm 20^{\circ}\text{C}$) für 5 Tage im Kühlschrank bei 4°C gelagert bzw. eingefroren. Bei einer anderen Materialgruppe, die 5 Tage später geerntet wurde, wurde die Nachreifungsphase simuliert und analysiert. Der gesamt- bzw. höchste Glucosinolategehalt ist bei einer kommerziellen Reifung von 20888 und $20355 \mu\text{ moles kg}^{-1}\text{DW}$ in den Haupt- und sekundären Blütenständen gefunden worden. Das Lagern von Blütenständen unter Raumtemperatur verursacht meistens signifikante ($< 0,05$) Reduktionen der Glucosinolate.

Die Effekte des Reifegrades und der Verpackungsatmosphäre auf die Qualität wurden von Remón u.a. (2000) bei der sehr frühen Kirschsorte (*Prunus avium*) 'Burlat' untersucht. Die Kirschen wurden in zwei Gruppen, abhängig von ihrem Reifestadium, eingestuft (rot und purpurrot). Nach dem schnellen Kühlen wurden die Kirschen in $50 \mu\text{m}$ Beuteln von geringer Dichte des Polyäthylens (LDPE) in vier unterschiedlichen Atmosphären versiegelt. Die Pakete wurden bei 2°C gelagert. Die Kirschen wurden wöchentlich analysiert, bis sie kommerziell nicht mehr verwertbar waren (nach 4 Wochen für rote Kirschen und drei Wochen für purpurrote Kirschen). Die Änderungen im Gasgemisch, in der Färbung, im Pigmentgehalt, in der titrierbaren Säure, löslichen Substanz, Festigkeit und sensorischen Qualität wurden überwacht. Die Farbe änderte sich in beiden Gruppen, anfangs von rot zu blau/rot und später zurück zu rot. Die titrierbare Säure nahm am Ende des Versuchs für alle Proben ab. Die Festigkeit steigerte sich zuerst, aber zum Ende des Experimentes war sie dem Anfangswert ähnlich. Die Gaszusammensetzung näherte sich einem abschließenden Gleichgewicht, das aus 9-12% CO_2 und 1-3% O_2 bestand. Für Langstreckentransporte der Burlat Kirschen wird das folgende Verfahren empfohlen: Ernte im roten Farbe Stadium, Verpackung in Luft in LDPE Beuteln und Lagerung der Kirschen bei 2°C . Unter diesen Bedingungen halten sich die Burlat Kirschen in einem exzellenten kommerziellen Zustand für 3 Wochen.

Sozzi u.a. (1999) untersuchten die Effekte von 3% O_2 und 20% CO_2 , alleine und zusammen mit $10 \mu\text{gg}^{-1}$ C_2H_4 , auf die Äthylenproduktion, Chlorophyllverminderung, Carotinoidebiosynthese sowie α - und β - Galaktosidase- Tätigkeit in der Tomatenfrucht (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Die niedrige O_2 - und die hohe CO_2 - Atmosphäre verhinderten den Anstieg in der Äthylenproduktion, zählten Gesamtcarotinoide- und Lycopinbiosynthese sowie α - (α) und β - Galaktosidase- Tätigkeit zusammen und verlangsamten die Chlorophyllverminderung und den Verlust von Festigkeit ($P < 0,05$). Diese unterdrückenden Effekte wurden nicht umgekehrt oder nur ein Teil- im Fall von

Chlorophyllzusammenbruch- durch Addition von $100\mu\text{gg}^{-1}\text{C}_2\text{H}_4$ zu besagten kontrollierten Atmosphären. Nach Transfer von den verschiedenen Luft- Atmosphären minderte sich die Fleischfestigkeit und Äthylenproduktion; Gesamtcarotinoide-, Lycopin- und β -Galaktosidase Tätigkeit nahmen zu, aber diese Parameter waren, in allen Fällen, immer noch bedeutend anders als jene der in Luft gelagerten Tomaten. Die Ergebnisse zeugen von einem Antagonismus zwischen erhöhtem CO_2 / niedrigem O_2 und exogenem Äthylen unter kontrollierter Atmosphärenlagerung, der das meiste Reifungsgeschehen bestimmen konnte.

Optimale kontrollierte und modifizierte Atmosphären (CA und MA) für frische Erzeugnisse variieren entsprechend der Temperatur und Dauer der Lagerung (Brecht u.a. 2002). Erzeugnisse in MA- Verpackungen (MAP) sind verschiedenen Zeiten und Temperaturen während des Transportes zum Einzelhandel ausgesetzt. Sie liegen während des Ausliefern höher als es normalerweise üblich ist. MAP sind für die Transportkonditionen so optimiert worden, das sie wahrscheinlich ohne Luft zu benötigen (anaerob) bei höheren Temperaturen zum Einzelhändler transportiert werden können, während für die Einzelhandelskonditionen optimierte MAP kleinere Auswirkungen bei niedrigen Temperaturen hat. Auf diese Weise werden handelsübliche MAP normalerweise für eine Mitteltemperatur entwickelt und sind optimal für den Transport zum Einzelhandelsgeschäft. Es wäre wünschenswert, besonders bei weiten Entfernungen für die transportierten Erzeugnisse, wie dem Seetransport, optimale Atmosphärenbedingungen für die Nacherntebehandlung zu finden. Ein Verfahren ist für CA/MAP Kombinationen beschrieben, um dieses Ziel zu erreichen. Das Verfahren fordert, das die MAP zuerst für ein Erzeugnis, das eine optimale CA produziert, zu entwerfen und mit der MAP interagiert, um eine gewünschte Atmosphäre innerhalb der Pakete während des Transports zu produzieren. Das erfordert Kenntnis von optimalen Atmosphärenkonditionen für nichtoptimale Temperaturen und verschiedene Handhabungszeiten die im allgemeinen bei den meisten Erzeugnissen noch fehlen.

Ein weiteres Problem im Zusammenhang mit Temperaturveränderungen während des Marketings der DIAGRAMM-Produkte ist die Entwicklung der hohen Feuchtigkeit innerhalb des Pakets, wodurch eine Wasserkondensation auf den Paketinhalt einwirkt. Die Anwesenheit des Kondensats fördert die Entwicklung des Zerfalls (Brackett, 1987) und kann O_2 - Diffusion (Zerstäubung) in die Gewebe durch den Film blockieren. Dadurch kann eine Gärung (Cameron u.a., 1995) verursacht werden.

Die schwankenden Temperaturen, die während der Nacherntebehandlung angetroffen werden, können besonders negative Auswirkungen auf die Qualität der Produkte im DIAGRAMM wegen der Gefahr des Erreichens schädlicher Niveaus von O_2 oder CO_2 haben (Sanz u.a.,

1999; Tano u.a., 1999). Es ist auch möglich, gerade bei erhöhten Temperaturen, daß sich die Entwicklung des Mikrobenwachstum schneller erhöht.

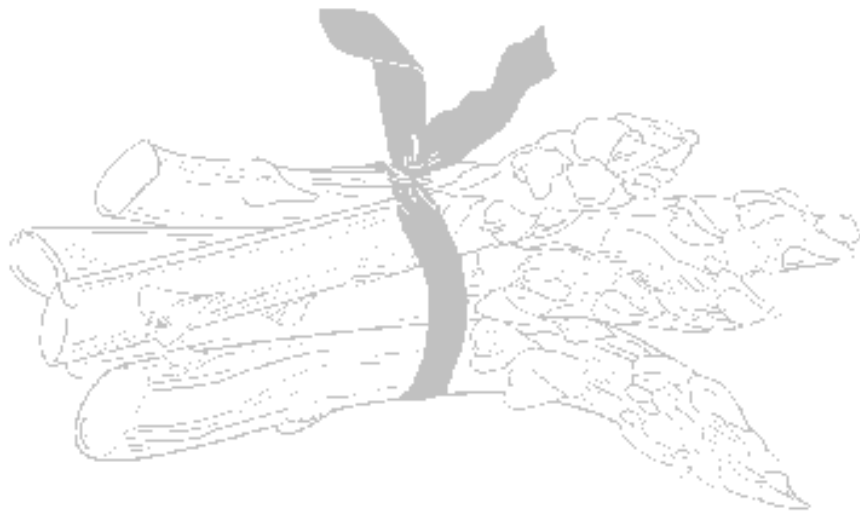
In einer anderen Studie beurteilten Tano u.a. (1999) die Wirkung von Temperaturschwankungen auf die Atmosphären innerhalb der Pakete und ihre Auswirkung auf die Qualität der Pilze (*Agricus bisporus* Lange). Unveränderliche O₂- Niveaus, ohne Rücksicht auf die schwankenden Temperaturen, sind wahrscheinlich ein Ergebnis von irreversiblen membranschaden und reduzierter mitochondrischer Tätigkeit. Unangenehme Gerüche, Verlust an Zellfestigkeit und gesteigerte enzymatische Bräune können auftreten.

Die Anthocyaninkonzentration in Erdbeeren der Sorte 'Selva' vergrößert sich im äußeren wie auch im inneren Gewebe, wenn man die Früchte in normaler Raumatmosfera bei 5°C für 10 Tage lagert (Holcroft u.a. 1999). Verändert man die Atmosphäre und reichert die Luft mit 10 oder 20% CO₂ an, ist die Zunahme an Anthocyan geringer. Die rote Farbe des Fruchtfleisches war in der CO₂- Lagerung weniger ausgeprägt als in der normalen Luftlagerung. Der Gehalt an Phenolsäure nahm während der Lagerung zu, wurde aber nicht von der Lageratmosphäre beeinflusst. Der pH- Wert hat sich während der Lagerung vergrößert, wohingegen sich der Gehalt an Titribalsäure verringerte. Die Auswirkungen durch die CO₂ Behandlung haben das inner Gewebe verbessert und konnten so Einfluß auf den Anthocyanin- Gehalt ausüben.

Bei verschiedenen Erdbeersorten wurde der Einfluss von 20% CO₂- oder Luftlagerung bei einer Temperatur von 2°C in einer Lagerdauer von 7 Tagen gemessen (Watkins u.a. 1999). Die CO₂- Lagerung erhöhte die Festigkeit von allen Erdbeersorten gegenüber der Luftlagerung, aber der Festigkeitsgrad wurde von den Sorten und der Lagerdauer beeinflusst. Mit CO₂ behandelte Früchte hatten eine helle Farbe und weniger kräftiges Rot gegenüber in Luft gelagerten Früchten. Die Anhäufung von Acetaldehyd-, Äthanol- und Äthylacetat in der CO₂- behandelten Frucht war stark beeinflusst von der Sorte. Den niedrigsten Wert hatte die Sorte 'Annapolis', die höchste Konzentration wies 'Gouverneur Simcoe' auf. Die Reaktionen dieser genetischen Schwankungen liefern nützliches Material für das Untersuchen des Stoffwechsels von CO₂-Wirkungen in Erdbeerobst.

Sanz u.a. 1999 studierten die Wirkung von handelsüblichen Temperaturen (3 Tage bei 2°C und 4 Tage bei 20°C) auf die Qualität von 'Camarosa' Erdbeeren, verpackt in perforierten Polypropylenfolien. Sie beobachteten, daß, obwohl die Atmosphäre innerhalb der Pakete bei 2°C nah an der empfehlenden Temperatur für Erdbeeren lag, die Farbqualität reduziert wurde und sich ein verdorbener Geschmack entwickelte, nachdem die Früchte bei 20°C aufbewahrt wurden.

Optimal kontrollierte und geänderte Atmosphären (CA und MA) für frische erzeugte Produkte sind entsprechend der Art, ihrer Reife oder ihres Reifestadiums, der Temperatur und Dauer der Belichtung variierend.



4 Material und Methoden

4.1 Gewinnung des Untersuchungsmaterials

Das Untersuchungsmaterial stammte von Anbauflächen im Land Brandenburg aus den Jahren 1997 bis 2001. Es wurde einem randomisierten Parzellenfeldversuch in der Versuchsstation Zepernick der Humboldt- Universität zu Berlin, einem Sorten- Demonstrationsversuch in einem landwirtschaftlichen Betrieb in Schlunkendorf bei Beelitz sowie dem Marktangebot aus dem Beelitzer Spargelanbaugebiet entnommen. Vergleichsweise wurden Bleich- und Grünspargel, die möglichst auf dem gleichen Standort gewachsen waren, verwendet. Die Untersuchungen konzentrierten sich auf die genetisch sehr unterschiedlichen Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen', die durch die folgenden Merkmale charakterisiert sind:

'Gijnlim'

- NL/Zuchtstation Asparagus BV in Horst
- männliche F1-Hybride
- für Bleich- und Grünspargelanbau geeignet
- sehr gute Stangendicke, Frühzeitigkeit und Ertragshöhe
- spätes Öffnen der Kopfschuppen
- anthocyanhaltig
- wenig anfällig gegenüber Rissbildung, Berostung, Hohlheit, Keulenbildung
- mittlere Anfälligkeit für Botrytis/Stemphylium

'Huchels Schneewittchen'

- D/Deutsche Spargelzucht GbR in Alt Mölln
- gemischtblühend
- besonders für Grünspargelanbau, auch möglich für Bleichspargelerzeugung
- mittlere Stangendicke und gute (bis befriedigende) Erträge
- spätes Öffnen der Kopfschuppen
- ohne Anthocyangehalt, gelbgrüne Stangenfärbung
- milder Geschmack als Grünspargel
- mittlere bis stärkere Anfälligkeit für Botrytis/Stemphylium

Die Entnahme des Materials für die Nachernteuntersuchungen erfolgte aus verschiedenen Wachstumsperioden mit unterschiedlichen Temperaturbedingungen (Abb.1). Im Versuchsjahr 1999 wurden die Proben aus jeweils 2 Perioden (Abb.1.1 und 1.2 sowie Abb. 1.3 und 1.4) entnommen.

Die Abbildung 1 enthält die Temperaturverhältnisse – Lufttemperaturen in 2 m Höhe

gemessen- während der angenommenen mittleren Wachstumszeit der Spargelstangen von 4 Tagen. Es wurden Klimadaten in der Nähe der Versuchsstandorte sich befindender amtlicher Wetterstationen in Blumberg (für Zepernick) und Thyrow (für Schlunkendorf) verwendet.

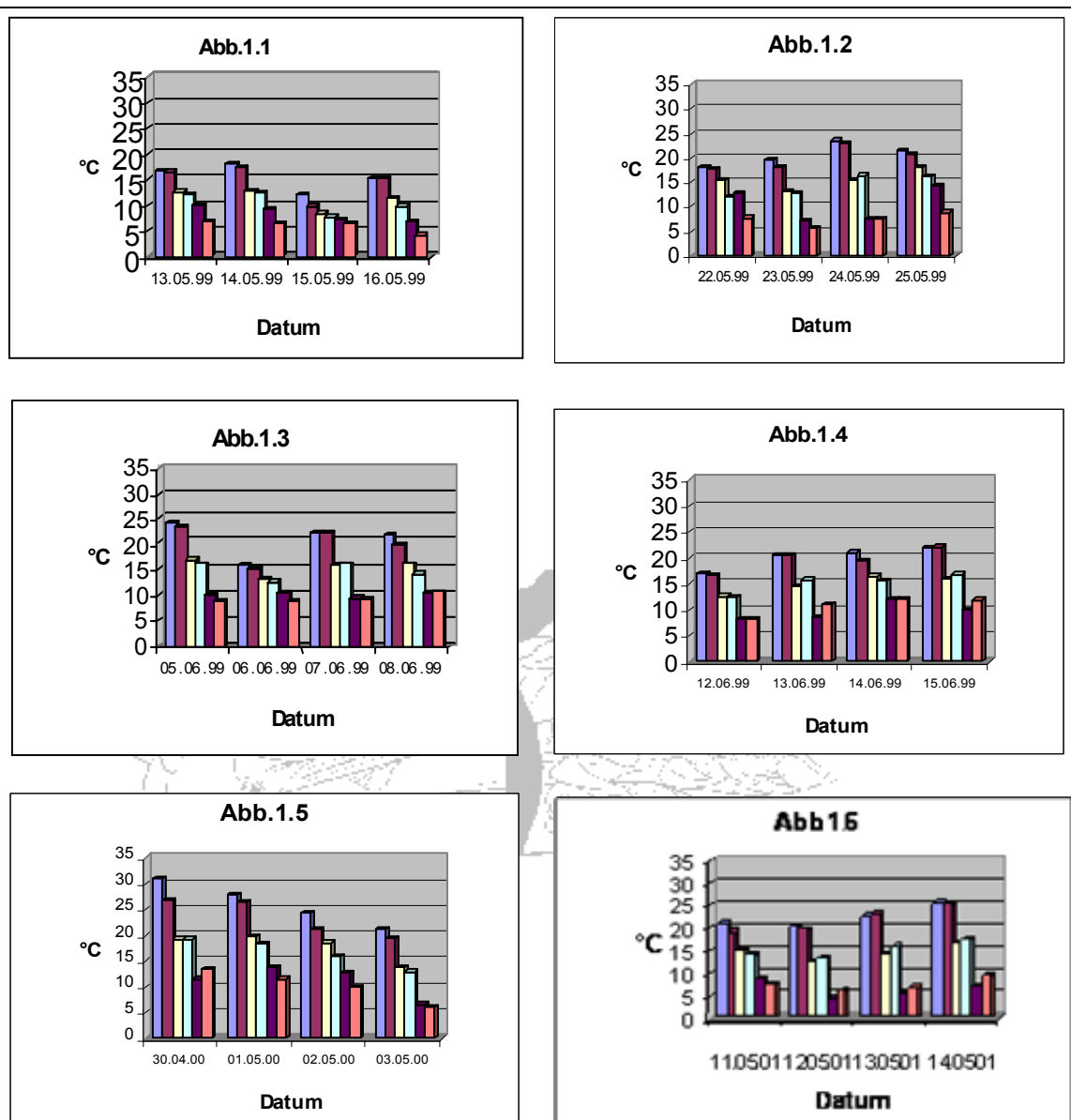


Abb.1: Lufttemperaturverhältnisse während der Wachstumsperioden des Versuchsmaterials in den drei Untersuchungsjahren und an den zwei Standorten (1.1 bis 1.6).

- Maximumtemp.Schlunkendorf
- Maximumtemp.Zepernick
- Tagesmitteltemp.Schlunkendorf
- Tagesmitteltemp.Zepernick
- Minimumtemp.Schlunkendorf
- Minimumtemp.Zepernick

4.1.1 Parzellenfeldversuch Zepernick

Dieser Feldversuch diente dem Ermitteln der Ausbildung äußerer Qualitätseigenschaften in Abhängigkeit von Sorte, Bestandsdichte, Alterung und Krankheitsbefall bei der Anbauform Grünspargel. Darüberhinaus wurden diesem Versuch von den Sorten 'Gijnlim' ab dem 3. Ertragsjahr 1999 (bis 2001) und 'Huchels Schneewittchen' (2000/2001) Spargelstangen der Güteklassen Extra/I für Lagerungsuntersuchungen und chemisch- analytische Arbeiten entnommen. 1999 erfolgte auch aus dieser Anlage durch veränderte Versuchsdurchführung in der vierten Wiederholung das Gewinnen von Bleichspargel aus unbedecktem und mit schwarzer Folie bedecktem (Dammbedeckung) Anbau.

Der Parzellenfeldversuch wurde im Jahre 1995 angelegt. Es standen für die Untersuchungen zur Sortierung (äußere Qualität) vierjährige Ertragsergebnisse aus den Jahren 1997 bis 2000 zur Verfügung. Die erste Ernte (für 28 Tage) erfolgte 1997 im dritten Standjahr der Anlage. Ab dem Jahr 1998 erfolgten die Ernten über je ca. 8 Wochen. Im Jahre 2001 wurde aus diesem Versuch nur Versuchsmaterial für die Lagerungsversuche entnommen.

Versuchsaufbau

Der Versuch ist als randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Die Parzellengröße beträgt 19,2 qm.

Es wurden folgende Sorten bzw. Stämme angebaut (Prüffaktor A):

Var. 1 - 'Gijnlim'

Var. 2 - 'Thielim' (F1,NL)

Var. 3 - 'Huchels Schneewittchen'

Var. 4 - 'Eposs' (F1, Südwestdeutsche Saatzucht/Zuchtstation Möringen/ Altmark)

Var. 5 - 'Stamm 5017' (Südwestdeutsche Saatzucht/ Zuchtstation Möringen/Altmark)

von denen nur die Ergebnisse der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' in dieser Arbeit verwendet wurden.

Die zu prüfenden Bestandesdichten betragen (Prüffaktor B):

Var. 1-160 cm x 25cm = 2,5 Pfl./qm

Var. 2-160 cm x 33 cm = 1,9 Pfl./qm

Var. 3-160 cm x 40 cm = 1,6 Pfl./qm

Der Versuch wurde auf Sandtieflerhm- Fahlerde (80%) durchsetzt mit Sand- Rosterde (20%) der Bodenklassen SI 4D, teilweise S 4D, mittlere Ackerzahl 28, Ap- Horizont schwach humos und 30 bis 40 cm tief in der Versuchsstation Zepernick bei Bernau angelegt. Der Standort befindet sich im stark maritim beeinflussten Binnentiefland des Gebietes Berlin-Brandenburg mit mittleren Jahresniederschlägen von 523 mm und einer mittleren Jahrestemperatur von 8,6°C.

Die Anbaudurchführung enthält die Tabelle 1. In Tabelle 2 ist die Handhabung der Mineraldüngung dargestellt. Angaben zu bodenchemischen Eigenschaften enthält die Tabelle 3. Wegen der sehr hohen Phosphorsäuregehalte des Bodens wurde keine P- Düngung vorgenommen. Eine Zusatzbewässerung erfolgte nicht.

Tabelle 1: Anbaudurchführung im Parzellenfeldversuch Zepernick in den Ertragsjahren 1997 bis 2001 (ohne Mineraldüngung)

Termin	Arbeitsart	Bemerkungen
März Okt.	Bodenprobenentnahme	0-30 cm; 31-60 cm ; z. T. 61-90 cm Tiefe 0-30 cm; 31-60 cm Tiefe
Jan./ Febr.	schw. Vlies auslegen	zwischen den Reihen
Febr./ März	Stoppeln beseitigen	
Apr.bis Juni	versuchmäßige Ernte	28 Tage (1.Erntejahr); 49 bis 55 Tage
Ende Juni bis August	Insektizid- und Fungizidspritzung (bei Bedarf)	Perfektion 1,0 l/ha Polyram 1,2 kg/ha Bardos 10 ml/Ar
bis 4 mal	Mechanische Unkraut- beseitigung	während der Vegetationsperiode in den Pflanzenreihen
September	Schädlings- und Krank- heitsbonitur	
Okt. / Nov.	Spargelkraut beseitigen	2 bis 3 cm Stoppelhöhe

Tabelle 2: Düngung des Parzellenfeldversuches Zepernick in den Ertragsjahren 1997 bis 2001

Erntejahr	Grunddüngung	Kopfdüngung
1997	75 kg N/ha als KAS * 144 kg K ₂ O/ha als Kalimagnesia	50 kg N/ha als KAS 72 kg K ₂ O/ha als Kalimagnesia
1998 – 2001	100 kg N/ha als KAS / a 144 kg K ₂ O/ha als Kalimagnesia /a	50 kg N/ha als KAS / a 72 kg K ₂ O/ha als Kalimagnesia / a

* Kalkammonsalpeter

Tabelle 3: Ausgewählte bodenchemische Eigenschaften des Versuchsstandortes Zepernick (Frühjahr)

Versuchsjahr	Untersuchungstiefe cm	N min mg/100g	K ₂ O (DL) mg/100g	P ₂ O ₅ (DL) mg/100g	MgO (aust.) mg/100g	C %	pH (KCl)
1995	0-30	0,20	11	82	11	1,1	6,7
	31-60	0,33	10	24	7	0,3	4,6
1997	0-30	0,15	18	75	9	1,5	6,8
	31-60	0,16	7	43	4	0,9	6,5
	61-90	0,23	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
1999	0-30	0,20	23	21	n.e.	n.e.	7,1
	31-60	0,18	14	15	n.e.	n.e.	6,5
	61-90	0,18	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
2001	0-30	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
	31-60						

n.e. nicht ermittelt

4.1.2 Sortenvergleichsanlage Schlunkendorf bei Beelitz

Aus dem Sorten- Demonstrationsversuch zu Bleichspargel in Schlunkendorf im Beelitzer Spargelanbaugebiet wurde für die Lagerungsversuche sowie Laboruntersuchungen Versuchsmaterial der Sorte 'Gijnlim' im Jahre 1999 sowie in den Jahren 2000 und 2001 von dieser Sorte und 'Huchels Schneewittchen' entnommen. Diese Versuchsanlage wurde im gleichen Jahr wie der Zepernick Feldversuch gepflanzt. Die Standortbedingungen sind denen von Zepernick vergleichbar (siehe auch Abb. 1).

4.1.3 Vorbereitung Versuchsmaterial für Nachernteuntersuchungen

Die Grün- und Bleichspargelstangen wurden am jeweiligen Erntetag aufbereitet, d.h. sortiert bzw. bonitiert sowie die Frischmasse ermittelt und der Trockenmasse- Bestimmung und Lagerung zugeführt. Die Einzelheiten der Probenaufbereitung für die chemische- Analyse zum Ermitteln innerer Qualitätseigenschaften werden unter 4.3 dargestellt. Es wurden 22 cm lange Spargelstangen der Güteklassen Extra/I bei Bleich- und Grünspargel den Nachernteuntersuchungen zugeführt. Lediglich im Jahre 1999 wurden 22 bis 27 cm lange Grünspargelstangen verwendet.

Der Grünspargel enthielt keinen/ kaum Weißanteil, da er an der Bodenoberfläche geschnitten wurde. Die Sortierung, d.h. Zuordnung des Erntegutes bzw. Probenmaterials zu

Qualitätsklassen, erfolgte auf der Grundlage der gültigen EG- Verordnung zur Festsetzung der Vermarktungsnorm für Spargel (o. V. 1999).

Die Bonitur des Versuchsmaterials vor, aber auch nach der Auslagerung konzentrierte sich auf das Aussehen, besonders die Färbung der Stangen/ Schnittflächen/ Stangenspitzen (Violett-, Rot-, Braun-, Gelbfärbung) sowie das Lockern der Triebspitze, die Welke der Stangen, Innenverbräunungen, Längsrisse und Fäule der Spargelstangen. Es wurde folgendes Boniturschema angewendet:

1- fehlend oder sehr gering 2- gering 3- mittel 4-stark 5-sehr stark

Für die Lagerversuche wurde der Spargel gewaschen, abgetrocknet und sortiert. Anschließend wurde er auf gleiche Länge geschnitten und zu 1 kg Bündeln verpackt. Die Bündel wurden in perforierte PE- Folie (nur bei Kühlagerung) gewickelt. Sie kamen zur Aufbewahrung für 2 Wochen (Kühlagerung) und 2 (CA I) bzw. 5 Wochen (CA II) (CA- Lagerung) in die Lagereinrichtungen.

4.2 Lagerverfahren

Für die Untersuchungen zur Qualitätserhaltung von Bleich- und Grünspargel wurde die CA- Lagerung (Controlled Atmosphere) mit verschiedener Klimagegestaltung im Vergleich zur normalen Kühlagerung gewählt. Zwei Wochen vor Beginn der Untersuchungen wurde der CA- Container überprüft und auf evtl. Fehler kontrolliert. Es handelte sich um einen ULO- Lagerungscontainer der Analytical Development Company LTD (Halma Group Company), der im Fachgebiet Obstbau der Humboldt- Universität in Berlin- Dahlem aufgestellt ist.

Bei der CA- Lagereinrichtung befinden sich mehrere Kammern in einem Kältecontainer, die von außen überwacht werden. Die Kammern, in denen der Spargel für die CA- Lagerungsproben aufbewahrt wurde, waren gasdicht verschlossen und wurden auf eine Temperatur von 2°C bis 4°C (ab 2001 von 1 bis 2°C) sowie eine relative Luftfeuchtigkeit von ca. 95% eingestellt (4.2.1).

Für die Kühlagerung wurde ein Pflanzenwuchsschrank vom Typ HPS 1500 (Heraeus Vötsch) des Fachgebietes Gemüsebau der Humboldt- Universität zu Berlin genutzt (4.2.2).

4.2.1 CA- Lagerung

Die CA- Lagerung ist eine Technik, bei der zusätzlich zur niedrigen Temperatur die Luftzusammensetzung verändert wird. Der normale Sauerstoffgehalt der Luft von 21% kann auf 1-2% reduziert werden. Der Kohlendioxidgehalt kann auf maximal 15% erhöht werden.

Die optimale Sauerstoff- und Kohlendioxidkonzentration hängt von der jeweils zu lagernden Gemüse- oder Fruchtart ab (Schouten 1995).

Die CA- Lagerung erfolgte in einem Controlled- Atmosphere Lagercontainer (Abb. 2 und 3). Die Gaszusammensetzung lag bei 4 % O₂ und 5% CO₂ (CA I) bzw. 4% O₂ und 10% CO₂ (CA II) sowie 86- 91 % N₂. Der Gasdurchfluss bzw. Gasmengenstrom pro Kammer betrug ca. 1 l / min = 1440 l Gas /d. Es wurde folgende Arbeitsvorschrift eingehalten:

Bei der CA- Lagerung handelt es sich um ein gasdichtes geschlossenes Lager. Gasflaschen sorgen für die Gasversorgung. Die gewünschte Atmosphäre in den Lagerungsboxen wird über das Gasmischgerät (Abb. 8) eingestellt. Bei der Einstellung der Lageratmosphäre ist darauf zu achten, dass die eingestellte Gasgesamtmenge, die den Boxen (Abb. 4 und 5) zugeführt wird, immer 100% ausmacht. Diese Werte werden von Messgeräten, die sich im Kontrollraum befinden, überwacht (Abb. 12 und 13). Das heißt, sollen 5% CO₂ und 4% O₂ in der Atmosphäre sein, so müssen noch 91% N₂ bzw. bei 10% CO₂ und 4% O₂ 86% N₂ eingestellt sein. Es ist wichtig, dass immer CO₂ anliegt, da es als Regelungsgas fungiert (Abb. 7). Die Einstellung der zu strömenden Gasmenge wird mit Hilfe von Zeitschaltuhren (T₁= Flußzeit und T₂= Pausenzeit) und am Durchflußmesser (l/min) (Abb. 8) geregelt. Zum Erreichen einer konstanten Lagerungsatmosphäre wurde empfohlen, daß pro Tag ein ca. zweifacher Umschlag des Lagerraumgases erreicht wird. Der Rauminhalt einer leeren Box beträgt rund 380 Liter. Wenn man 20 kg Früchte einlagert (wobei man davon ausgeht, daß 1 kg Früchte 1l entspricht), so beträgt die nötige Gasmenge pro Tag 720 l ((380l-20l)x2). Die eingestellten Zeiten an den Zeitschaltuhren wurden mit einer Stoppuhr kontrolliert und ggf. nachgestellt. Die Lagertemperatur wird am hinteren äußeren Teil des Containers, am Kontrollpaneel (Abb. 11), eingestellt. Vor der Befüllung mit dem Versuchsmaterial wurde der leere Container auf die gewünschte Temperatur heruntergekühlt, um so die Lagerungstemperatur schnellstmöglich zu stabilisieren. Dabei sollte man beachten, die Temperatur etwas tiefer als gewünscht einzustellen, da die einzelnen Boxen nicht direkt gekühlt werden, sondern der gesamte Lagerbereich (Abb. 3). Das ständig einströmende Gas erwärmt sich während des Aufenthaltes in den Gasmischgeräten im Kontrollraum (Abb. 7 und 9) und führt deshalb in den Boxen zu höheren Temperaturen. Auf Grund einer installierten Heizung können zwei Boxen beheizt werden (Abb. 10). Diese werden ebenfalls über den Kontrollraum bedient und überwacht. Die Luftfeuchte des Gasgemisches kann durch Umleitung des Gasstromes durch einen Wasserbehälter (Abb. 4) erhöht werden. Allerdings ist eine genaue Kontrolle der relativen Luftfeuchtigkeit nicht möglich. Vor Inbetriebnahme der Boxen müssen zunächst die Hähne der Gasflaschen (CO₂, O₂, N₂) geöffnet werden. Bei voll

gefüllten Gasflaschen müssen die Manometer des Druckminderungsventils folgende Drucke anzeigen: N₂ 200 bar, CO₂ 80 bar und O₂ 60 bar (Abb. 6). Wichtig ist, daß die CO₂- Flasche zuletzt geöffnet und entsprechend beim Abstellen des Systems zuerst geschlossen wird. Vor Inbetriebnahme der Gasmischer wurden die Gasleitungen von den Flaschen bis zu den Mischern auf Dichtigkeit überprüft. Dies sollte auch nach der Inbetriebnahme und Einstellung der Mischer mit den Gasleitungen bis zu den Lagerungsboxen geschehen.

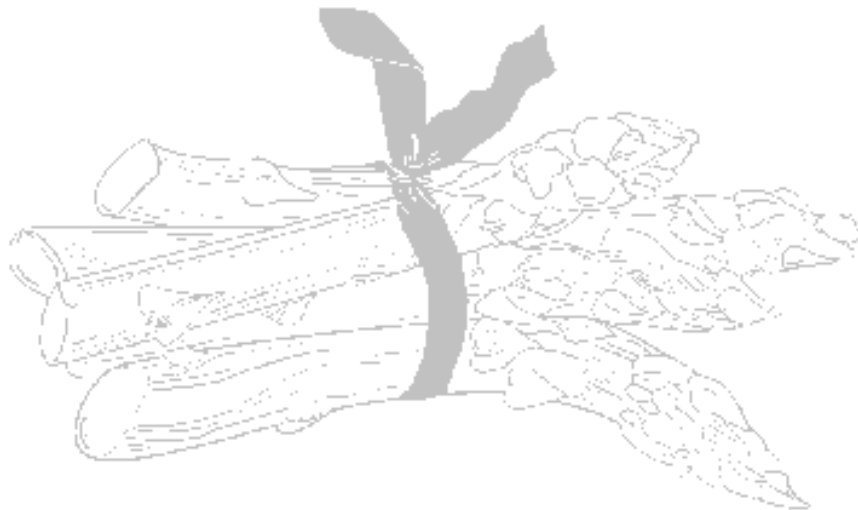




Abb. 2: CA-Container, Außenansicht (Ausschnitt)



Abb. 3: CA-Container, Innenansicht



Abb. 4: Links, Wasserbehälter für die Luftbefeuchtung an der Lagerbox
Rechts, Lagerbox mit " Füllmaterial " zur Raumverkleinerung



Abb. 5: Leere Lagerbox mit Ventilation



Abb. 6: Druckminderungsventile für Sauerstoff(links) und Kohlendioxyd(rechts)



Abb. 7: Gasventile zur Mischkammer



Abb.8: Gasmischgerät mit Einstellknöpfen für N₂-, CO₂- und O₂- Konzentration, Gasdruckregelung sowie Durchflußmengenregelung



Abb.9: Separater Kontrollraum innerhalb des CA- Containers



Abb.10: Temperatur-Regelanlage für die Boxen



Abb. 11: Kontrollpaneel der Kühlmaschine mit Temperaturregler und Temperaturregistrierung

Abb. 12: O₂ -MeßgerätAbb. 13: CO₂ - Meßgerät

4.2.2 Kühlagerung

Die Kühlagerung erfolgte in einem Kaltlagerraum (Abb. 14 und 15) bei 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) und ca. 90% relativer Luftfeuchtigkeit, mit und ohne perforierte Folienverpackung. Eine Sprühbefeuchtung war nicht vorhanden.

Die verwendeten Pflanzenwuchsschränke der Baureihe HPS 1500 der Firma Heraeus Vötsch ermöglichen Prüfverfahren, die Temperatur-, Bestrahlungs- und Klimaeinflüsse auf Testpflanzen feststellen lassen.

Sie werden überwiegend für biologische Untersuchungen von Testpflanzen eingesetzt. Mit Hilfe des Kälteaggregates, der elektrischen Heizung sowie einer hochwertigen elektronischen Regelung wird exaktes Temperieren erreicht.

Folgende Bereiche können mit den Pflanzenwuchsschränken gefahren werden:

Temperatur ohne Bestrahlung + 5°C bis +45°C

Temperatur mit Bestrahlung +10°C bis +45°C

Temperatur und Feuchte ohne Bestrahlung + 5°C bis +45°C und 40% bis 90% r. F.

Temperatur und Feuchte mit Bestrahlung +10°C bis +45°C und 40% bis 80% r. F.

Die hohe Umluftleistung sorgt im Prüfraum für eine gleichmäßige Luftverteilung.



Abb.14: Pflanzenwuchsschrank für die Kühlagerung der Spargelproben



Abb.15: Links, Funktions- und Kontrollpaneel des Pflanzenwuchsschranks
Rechts, Pflanzenwuchsschrank mit geöffneten Kontrollfenstern

Die gewählten Varianten bei den Lagerungsversuchen enthalten die Tabellen 4 und 5.

Tabelle 4: Variantenwahl in den Voruntersuchungen im Jahre 1999 zur Kühlagerung

lfd.Nr.	Sorte und Anbauform	Variantenwahl	Kurzbezeichnung
		Bezeichnung	
1	Gijnlim,Grünpargel	Kontrolle 1	Gi/G/K1
2	Gijnlim,Grünpargel	Kühlagerung 1*	Gi/G/Kü1
3	Gijnlim,Grünpargel	Kühlagerung 2 mit Folie	Gi/G/Kü2/F
4	Gijnlim,Grünpargel	Kontrolle 2	Gi/G/K2
5	Gijnlim,Grünpargel	Kühlagerung 2 **	Gi/G/Kü2
6	Gijnlim,Grünpargel	Kühlagerung 2 mit Folie	Gi/G/Kü2/F
7	Gijnlim,Bleichspargel	bedeckt,Kontrolle 1	Gi/B/b/K1
8	Gijnlim,Bleichspargel	bedeckt, Kühlagerung 1	Gi/B/b/Kü1
9	Gijnlim,Bleichspargel	bedeckt, Kühlagerung 1 mit Folie	Gi/B/b/Kü1/F
10	Gijnlim,Bleichspargel	bedeckt,Kontrolle 2	Gi/B/b/K2
11	Gijnlim,Bleichspargel	bedeckt, Kühlagerung 2	Gi/B/b/Kü2
12	Gijnlim,Bleichspargel	bedeckt, Kühlagerung 2 mit Folie	Gi/B/b/Kü2/F
13	Gijnlim,Bleichspargel	unbedeckt,Kontrolle 1	Gi/B/ub/K1
14	Gijnlim,Bleichspargel	unbedeckt,Kühlagerung 1 mit Folie	Gi/B/ub/Kü1/F
15	Gijnlim,Bleichspargel	unbedeckt,Kontrolle 2	Gi/B/ub/K2
16	Gijnlim,Bleichspargel	unbedeckt,Kühlagerung 2 mit Folie	Gi/B/ub/Kü2/F
17	Gijnlim,Bleichspargel	Zugekauft,Kontrolle	Gi/B/zug/K
18	Gijnlim,Bleichspargel	Zugekauft, Kühlagerung	Gi/B/zug/Kü
19	Gijnlim,Bleichspargel	Zugekauft, Kühlagerung mit Folie	Gi/B/zug/Kü/F
20	Schneewittchen,Grünpargel	Kontrolle 1	S/G/K1
21	Schneewittchen,Grünpargel	Kühlagerung 1	S/G/Kü1
22	Schneewittchen,Grünpargel	Kühlagerung 1, mit Folie	S/G/Kü1/F
23	Schneewittchen,Grünpargel	Kontrolle 2	S/G/K2
24	Schneewittchen,Grünpargel	Kühlagerung 2	S/G/Kü2
25	Schneewittchen,Grünpargel	Kühlagerung 2, mit Folie	S/G/Kü2/F
26	Schneewittchen,Bleichspargel	bedeckt,Kontrolle 1	S/B/b/K1
27	Schneewittchen,Bleichspargel	bedeckt, Kühlagerung 1	S/B/b/Kü1
28	Schneewittchen,Bleichspargel	bedeckt, Kühlagerung 1 mit Folie	S/B/b/Kü1/F
29	Schneewittchen,Bleichspargel	bedeckt, Kontrolle 2	S/B/b/K2
30	Schneewittchen,Bleichspargel	bedeckt, Kühlagerung 2 mit Folie	S/B/b/Kü2/F
31	Schneewittchen,Bleichspargel	unbedeckt,Kontrolle 1	S/B/ub/K1
32	Schneewittchen,Bleichspargel	unbedeckt Kontrolle 2	S/B/ub/K2
33	Schneewittchen,Bleichspargel	unbedeckt,Kühlagerung 2 mit Folie	S/B/ub/Kü2/F

* Kühlagerung 1 = 03.05.1999 (Ernte-/ Einlagerungstermin)

** Kühlagerung 2 = 07.06.1999 (Ernte-/ Einlagerungstermin)

Tabelle 5 : Variantenwahl in den Untersuchungen zur CA- und Kühllagerung der Jahre 2000 und 2001 sowie die Standardvarianten des Jahres 1999

Lfd Nr.	Sorte und Anbauform	Variantenwahl		Versuchsjahr		
		Bezeichnung	Kurzbez.	1999	2000	2001
1	Gijnlim,Grünpargel	Kontrolle	Gi/G/K	X	X	X
2	Gijnlim,Grünpargel	2Wochen Kühllagerung	Gi/G/Kü	X	X	
3	Gijnlim,Grünpargel	2Wochen CA I	Gi/G/LI/2*		X	
4	Gijnlim,Grünpargel	2Wochen CA II	Gi/G/LII/2		X	
5	Gijnlim,Grünpargel	5Wochen CA I	Gi/G/LI/5			X
6	Gijnlim,Grünpargel	5Wochen CA II	Gi/G/LII/5			X
7	Gijnlim,Bleichspargel	Kontrolle	Gi/B//K	X	X	X
8	Gijnlim,Bleichspargel	2Wochen Kühllagerung	Gi/B/Kü	X	X	
9	Gijnlim,Bleichspargel	2Wochen CA I	Gi/B/LI/2		X	
10	Gijnlim,Bleichspargel	2Wochen CA II	Gi/B/LII/2		X	
11	Gijnlim,Bleichspargel	5Wochen CA I	Gi/B/LI/5			X
12	Gijnlim,Bleichspargel	5Wochen CA II	Gi/B/LII/5			X
13	Schneewittchen,Grünpargel	Kontrolle	S/G/K	X	X	X
14	Schneewittchen,Grünpargel	2Wochen Kühllagerung	S/G/Kü	X	X	
15	Schneewittchen,Grünpargel	2Wochen CA I	S/G/LI/2		X	
16	Schneewittchen,Grünpargel	2Wochen CA II	S/G/LII/2		X	
17	Schneewittchen,Grünpargel	5Wochen CA I	S/G/LI/5			X
18	Schneewittchen,Grünpargel	5Wochen CA II	S/G/LII/5			X
19	Schneewittchen,Bleichspargel	Kontrolle	S/B/K	X	X	X
20	Schneewittchen,Bleichspargel	2Wochen Kühllagerung	S/B/Kü	X	X	
21	Schneewittchen,Bleichspargel	2Wochen CA I	S/B/LI/2		X	
22	Schneewittchen,Bleichspargel	2Wochen CA II	S/B/LII/2		X	
23	Schneewittchen,Bleichspargel	5Wochen CA I	S/B/LI/5			X
24	Schneewittchen,Bleichspargel	5Wochen CA II	S/B/LII/5			X

*CA- Lagerung

Es wurden 33 Varianten in den Voruntersuchungen des Jahres 1999 bearbeitet. In den beiden Folgejahren wurden detaillierter 24 Versuchsfragen geprüft. Das Lagergut wurde am Auslagerungstage nach dem gleichen Boniturschlüssel, wie unter 4.1.3 aufgeführt, visuell einer Qualitätskontrolle unterzogen, um den Qualitätsrückgang und evtl. Lagerkrankheiten zu erfassen.

Wegen technischer Havarien im Versuchsjahr 2000 konnte eine 5-wöchige CA- Lagerung des Untersuchungsmaterials leider erst 2001 erfolgen (Tab.5).

4.3 Chemisch- analytische Untersuchungsmethoden

4.3.1 Gesamtzuckergehalt(Brix)*

• Preßsaftgewinnung

Eine Probe muß repräsentativ sein. Sofern sie aus einem größeren Gebinde entnommen wird, soll dieses Gebinde ganz kurz vor der Probenentnahme gründlich durchgemischt werden. Die Probe darf keine Gasblasen enthalten, dies könnte zu Messfehlern führen. Gasblasen bzw. Gas kann man vor dem Messvorgang ausfiltrieren.

(* Nach Brix, deutschsprachiger Wissenschaftler 1798-1870, benannt: Anzahl der °Brix ist gleich der Anzahl der Gewichtsprozent Zucker in einer Zuckerlösung bei 20°C.)

• Messungen von Proben

Die lösliche Trockensubstanz wird mit Hilfe eines digitalen Refraktometers nach folgender AOAC Methode ermittelt. Eine Kalibrierung mit destilliertem Wasser wurde vor jeder Messung durchgeführt. Ein Tropfen (ca. 0,1 ml) des klaren Presssaftes wurde auf das Refraktometer gegeben und der Wert direkt in °Brix bzw. % abgelesen. Anschließend wurden die Messungen zweimal wiederholt mit anschließender Mittelwertbildung.

4.3.2. Organische Säure und speziell Äpfelsäure, Zitronensäure und Weinsäure

• Probengewinnung

Grundlage für die Bestimmung ist der Preßsaft, dessen Gewinnung bereits unter 4.3.1. beschrieben wurde.

• Bestimmung der Titrationsacidität

Es wird ein Gemisch der frei im Preßsaft enthaltenen organischen Säuren (freie H^+ Ionen) bestimmt. Der Gehalt wird in % Apfel-, Zitronen- oder Weinsäure berechnet.

- 5 ml des Preßsaftes werden vorgelegt und mit der gleichen Menge an destilliertem Wasser verdünnt
- Der pH-Wert des Preßsaftes wird bestimmt
- Unter ständigem Rühren mit dem Magnetrührer wird unter Zugabe von 0.1 M NaOH bis zum pH- Wert 8.1 titriert.
- Berechnung I: $x \text{ ml } 0.1 \text{ M NaOH} = x \text{ ml } 0.1 \text{ M Säure}$

Strukturformel	Äpfelsäure	<chem>HOOC-CHOH-CH2-COOH</chem>	
	Zitronensäure	<chem>HOOC-CH2-COOH-CH2-COOH</chem>	
	Weinsäure	<chem>HOOC-CHOH-CHOH-COOH</chem>	
Molgewicht (g)	Äpfelsäure	134	
	Zitronensäure	192	
	Weinsäure	150	
1 ml 0.1 M	Äpfelsäure	= 0.0067g	Äpfelsäure/l
	Zitronensäure	= 0.0064g	Zitronensäure/l
	Weinsäure	= 0.0075g	Weinsäure/l

- Berechnung II : Für 5 ml Preßsaft wurden x ml 0.1 M NaOH verbraucht. Umrechnung auf 100 ml Preßsaft

$$\begin{aligned}
 & \bullet 0.0067 * x * 20 = \% \text{ Äpfelsäure} \\
 & \bullet 0.0064 * x * 20 = \% \text{ Zitronensäure} \\
 & \bullet 0.0075 * x * 20 = \% \text{ Weinsäure}
 \end{aligned}$$

4.3.3. Pektin

• Probengewinnung - Zellwandextraktion (AIS)

Die Zellwandextraktion wurde entsprechend dem von Huyskens (1991) modifizierten Verfahren von Blumenkrantz und Asboe-Hansen (1973) durchgeführt. Dazu wurden 20g Probenmaterial (von frischen Spargelstangen) mit 100 ml Aceton versetzt und 5 min mit dem Ultra- Turrax homogenisiert. Das Probenmaterial wurde 30 min gekocht und anschließend mittels Blaubandfilter vakuumfiltriert. Der Filtrerrückstand wurde 1-2 mal mit 100 ml 95% Aceton, 1-2 mal mit 20 ml Ethanol und zuletzt nochmals 1-2 mal mit 150 ml 95% Aceton gewaschen. Der weiße Rückstand wurde quantitativ vom Filter in ein vorgewogenes Wägegläschen überführt und über Nacht bei 70°C im Ofen getrocknet. Die getrocknete Substanz wurde gewogen, gemahlen und im Exsikkator aufbewahrt und als AIS für weitere Pektinextraktion verwendet.

Bestimmung von Gesamtpektin

- Enzymatische Spaltung

Für die enzymatische Spaltung wurden 100 mg AIS mit 20 ml 0,5% EDTA pH 11.5 versetzt und 30 min bei Raumtemperatur mit dem Magnetrührer gerührt. Dabei wurde nach 10 min. der pH-Wert überprüft und gegebenenfalls mit 1 bis 2 Tropfen 1:2 verd. NaOH auf den Ausgangswert gebracht. Anschließend bringt man den pH-Wert dieser Lösung mit 1:1 verd. Essigsäure auf einen pH- Wert von 4,5.

Anschließend Zugabe von 0,1 ml Pectinase (20ug) bei einer Einwirkzeit von einer Stunde. Den pH-Wert 4,5 nach 15 min überprüfen. Danach die Probe in 100 ml Zentrifugenröhrchen überführen und bei 11000 U/min, 4°C, 10 min zentrifugieren. Vorher die Röhrchen austarrieren. Anschließend den Überstand durch Miracloth in 50 ml- Kölbchen geben und mit 0,5 % EDTA pH 4,5 auffüllen. Ist die Probe nicht klar, nochmals durch Faltenfilter filtrieren.

- Kolorimetrische Bestimmung

Je nach Gehalt an Pektin kann die Probenabnahme variiert werden in entsprechender Ergänzung zu 1 ml mit 0,5 % EDTA Puffer pH 6,0.

Bsp. : Abnahme 0,10 ml Probe (von 50 ml) + 0,90 ml 0,5 % EDTA pH 6,0.

Dieser Probe wird unter Rühren mit dem Glasstab 6 ml eiskalte konz. Schwefelsäure zugegeben und 10 min im Wasserbad bei 100°C erhitzt. Anschließend die Proben abkühlen, 0,1 ml 0,15 % MHDP- Lsg. zugeben und kräftig mit dem Rüttler mischen.

Nach 20 min kann die Messung bei 520 nm erfolgen. Der Gehalt an D-Galacturonsäure wird bestimmt. MHDP-Lsg. = 0,15 % in 0,5 % NaOH; MHDP m-Hydroxydiphenyl.

Standard- Stammlösung: 10 mg D-Galacturonsäure/ 100 ml 0,5 % EDTA pH 6,0

Eichreihe:

0 ug	0 ml Stammlsg.	+ 1.00 ml	0,5 % EDTA pH 6,0
5 ug	0,05 ml	„	+ 0,95 ml „
10 ug	0,10 ml	„	+ 0,90 ml „
20 ug	0,20 ml	„	+ 0,80 ml „
40 ug	0,40 ml	„	+ 0,60 ml „
60 ug	0,60 ml	„	+ 0,40 ml „
80 ug	0,80 ml	„	+ 0,20 ml „

Berechnung :

$\mu\text{g Gal.A.} / \text{mg AIS} = 5,0 \times \mu\text{g Gal.A. (Eichkurve)}$

$\mu\text{g Gal.A.} / \text{mg TS} = \frac{\mu\text{g Gal.A. (pro mg AIS)} \times \text{g AIS ges.}}{\text{g E. TS}}$

4.3.4. Aminosäuren mit automatischem N- Analysator**• Probengewinnung**

Die Probe wird mit einer Kugelmühle so fein gemahlen, daß sie vollständig durch ein Sieb von 0,5 mm Maschenweite hindurch geht. Die chemischen Analysen wurden im Institut für Getreideverarbeitung (IGV GmbH) in den Jahren 1999 und 2000 mittels nachfolgenden Verfahren durchgeführt.

. Oxidation vor der Hydrolyse im Falle der Bestimmung von Methionin und Cystein

250 mg der vorbereiteten Probe oder eine 10 mg Stickstoff entsprechende Probenmenge werden, auf 1 mg genau, in eine 100-ml-Pyrex-Glasflasche eingewogen, 5 ml kalte Oxidationsmischung zugegeben (die gesamte Substanz muß benetzt sein), die Flasche wird verschlossen und für 24 h in ein Eisbad bei 0°C in den Kühlschrank gestellt. Die Oxidation wird danach durch Zugabe von ca. 0,90 g Natriumdisulfit abgebrochen.

• Hydrolyse

250 mg der vorbereiteten Probe oder eine 10 mg Stickstoff entsprechende Probenmenge, auf 1 mg genau, oder die nachoxidierte Probe werden in einer Pyrex-Glasflasche mit 50 ml Hydrolysemischung versetzt. Die Glasflasche wird mit nur aufgelegtem Deckel (nicht zuschrauben, damit vorhandenes Chlorgas etc. entweichen kann) bei 110°C in den Trockenschrank gestellt.

Nach ca. 1 h wird das Gefäß fest verschlossen und für weitere 23 h bis 24 h im Trockenschrank belassen. Nach der Hydrolyse (Vorsicht beim Öffnen!) kühlt man im Eisbad ab und überführt mit Pufferlösung quantitativ in ein 250-ml-Becherglas. Unter weiterer Kühlung werden ca. 40 ml Natronlauge unter Rühren zugeben (die Temperatur darf 40°C nicht übersteigen). Der pH-Wert wird bei 25°C mit Natronlauge genau auf 2,20 eingestellt. Dann wird der Inhalt in einen 200-ml-Meßkolben mit Pufferlösung übergespült, und es werden in den Messkolben 2 ml interner Standard pipettiert. Mit Pufferlösung wird zur

Marke aufgefüllt, gut umgeschüttelt und etwa 50- 100 ml werden durch ein Membranfilter filtriert. Das Filtrat wird nochmals auf den pH-Wert geprüft und gegebenenfalls genau auf pH 2,2 eingestellt.

. Chromatographische Trennung und Bestimmung

Ein aliquoter Teil (z.B. 50 µl) des nach der Hydrolyse erhaltenen und auf einen pH-Wert von 2,2 eingestellten Hydrolysats wird in den Aminosäureanalysator appliziert. Die Trennung der Aminosäuren erfolgt durch Elution mit Pufferlösungen verschiedenen pH-Wertes. Das Eluat wird kontinuierlich mit Ninhydrin-Reagenz versetzt und die Extinktion der blau-violett gefärbten Lösung photometrisch in einer Durchflußküvette gemessen und mit Hilfe eines Schreibers aufgezeichnet. Die Extinktionsmessung für Hydroxyprolin und Prolin erfolgt bei 440 nm, die der anderen Aminosäuren bei 570 nm.

Die optimalen Betriebsbedingungen des Aminosäureanalysators richten sich nach den Vorschriften und Empfehlungen der Herstellerfirma.

Bei der Optimierung der Trennung mit Ionenaustausch-Chromatographen sollte darauf geachtet werden, daß der meist kleine Methioninsulfonpeak symmetrisch zwischen den Peaks von Asparaginsäure und Threonin zu liegen kommt.

• Berechnung

Für die Berechnung werden die Peakflächen der einzelnen Aminosäuren und des internen Standards (Norleucin) aus den Chromatogrammen ermittelt. Der Gehalt (w) an den einzelnen Aminosäuren errechnet sich dann nach folgender Formel:

$$W_{\text{Aminosäure}} = \frac{F_{\text{AS}} \cdot 0,2 \cdot MG \cdot F_{\text{Nor/Std}}}{F_{\text{Std}} \cdot E \cdot 1000 \cdot F_{\text{Nor/Pr}}} \quad \%$$

F_{AS} = Fläche der zu bestimmenden Aminosäure in der Probe

F_{Std} = Fläche der zu bestimmenden Aminosäure im Eichstandard

0,2 = Konzentration der Eichstandardlösung in (10)⁻³ mol/l (mmol/l)

MG = Molekulargewicht der zu bestimmenden Aminosäure

E = Einwaage in g/ml gemäß Hydrolyse

$F_{\text{Nor/Std}}$ = Fläche des Norleucins im Eichstandard

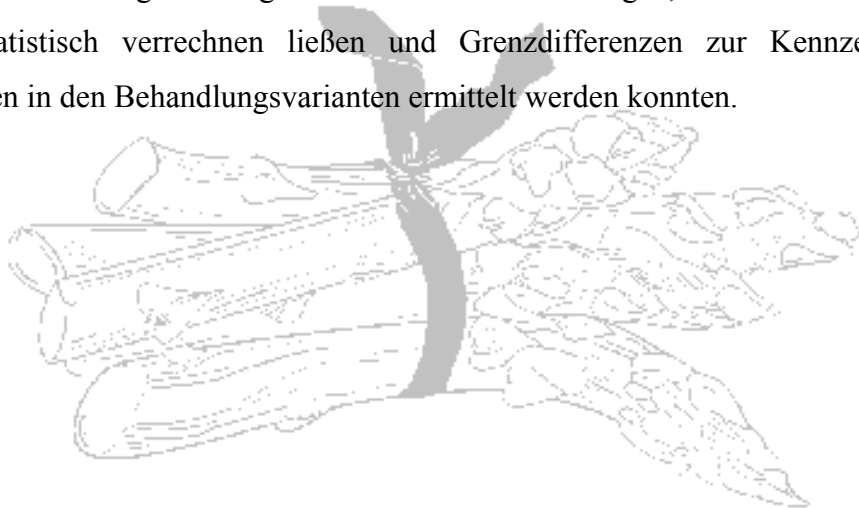
$F_{\text{Nor/Pr}}$ = Fläche des Norleucins in der Probe (interner Standard)

4.3.5. Frisch- und Trockenmasse

Die Bestimmung der Trockenmasse wurde entsprechend der von Maier (1990) beschriebenen Methode, in einem Ofen bei einer Temperatur von 104°C durchgeführt, in dem die Proben (100g Frischmasse von Spargelstangen) bis zur Gewichtskonstanz getrocknet wurden. Die Ergebnisse des getrockneten Anteils wurde dann in Prozent von der Frischmasse angegeben.

4.4. Mathematisch- statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse

Der Feldversuch wurde als randomisierte Blockanlage mit drei bzw. vier Wiederholungen (unterschiedlich in den einzelnen Erntejahren) durchgeführt. Es erfolgte die mathematisch-statische Auswertung der Feldversuchsergebnisse bis zur Berechnung der Grenzdifferenz bei $p = 5\%$ (GD 5%). Kausale Abhängigkeiten wurden mit Korrelationsanalysen und Korrelationskoeffizienten verdeutlicht. Die Lagerversuche und ein Teil der Inhaltsstoffuntersuchungen erfolgten mit vier Wiederholungen, so daß die Resultate sich ebenfalls statistisch verrechnen ließen und Grenzdifferenzen zur Kennzeichnung von Unterschieden in den Behandlungsvarianten ermittelt werden konnten.



5 Ergebnisse und Diskussion der Versuchs- und Untersuchungsergebnisse

5.1 Äußere Stangenqualität zum Erntezeitpunkt in Abhängigkeit von züchterisch/pflanzenbaulichen Faktoren

Der Handel mit frischem weißen, violetten, violett-grünen und Grünspargel ist in der Europäischen Gemeinschaft an das Einhalten von Qualitätsmerkmalen und eine Sortierung nach Länge sowie Durchmesser gebunden. Diese Vermarktungsnorm orientiert sich fast ausschließlich an äußeren Qualitätseigenschaften, die visuell gut einschätzbar bzw. einfach messbar sind. Das Aussehen von Spargelstangen und die Sortierungsanteile am gesamten Erntegut sind durch züchterische sowie pflanzenbaulich- technologische Gegebenheiten entscheidend beeinflussbar. Am Beispiel von Grünspargel wurden die Wirkung der Sortenwahl, der Bestandesdichte bzw. Standweite und des Pflanzenalters auf die Klasseneinteilung und Größensortierung untersucht. Den experimentellen Ergebnissen wird eine Übersicht über die bei dieser Gemüseart gegenwärtig einzuhaltende umfangreiche Vermarktungsnorm vorangestellt.

5.1.1 Qualitätsmerkmale für frischen Spargel auf allen Handelsstufen

Die Güteeigenschaften und Größensortierung sind in der Verordnung (EG) Nr. 2200/96 des Rates vom 28.10.1996 über die gemeinsame Marktorganisation für Obst und Gemüse (o.A.1996) und dem aktuellen Normen- und Verordnungstext für Spargel (aid 2001) aufgeführt. Die Norm bestimmt die Güteeigenschaften, die der Spargel nach Aufbereitung und Verpackung aufweisen muß. Sie beinhaltet im Einzelnen folgende Vorschriften für die vier Farbgruppen bei Spargel:

Weißer Spargel (Bleichspargel)

Sowohl Köpfe als auch Stangen müssen weiß bis creme-weiß sein

Violetter Spargel

Der Kopf muß rosa bis violett- purpur und ein Teil der Stange muß weiß gefärbt sein

Violett- grüner Spargel

Teilweise violette und grüne Färbung der Stange

Grünspargel

Der Spargelkopf und der größte Teil der Spargelstange müssen eine grüne Färbung aufweisen

Sortierung der verschiedenen Handelsklassen

1 .Mindesteigenschaften:

- frei von Schäden, die durch unsachgemäßes Waschen hervorgerufen wurden

- praktisch frei von Quetschungen und Druckstellen
- Schnittfläche muß möglichst glatt sein
- Die Stangen dürfen nicht hohl, gespalten, gebrochen oder abgeschält sein
- Kleine Risse, die nach dem Stechen entstanden sind, sind zulässig, sofern die in den Gütetoleranzen festgelegten Grenzwerte nicht überschritten werden

2. Klasseneinteilung und Längen-/ Durchmessersortierung

Der Spargel wird in drei Klassen eingeteilt:

Klasse Extra

Die Spargelstangen müssen gerade, also sehr gut geformt sein. Die Köpfe müssen fest geschlossen sein. Nur sehr leichte Spuren von Rost, die sich vom Verbraucher durch Schälen entfernen lassen, sind zulässig. Der Spargel darf nicht verholzt sein. Die Schnittfläche am unteren Ende der Stange sollte möglichst rechtwinklig sein. Bei weißem Spargel ist nur eine leichte rosa Färbung zulässig. Die Stangen vom Grünspargel müssen völlig grün sein.

Klasse I

Die Spargelstangen dürfen leicht gebogen sein. Die Köpfe müssen wie bei Klasse Extra fest geschlossen sein. Zulässig sind leichte Spuren von Rost, die der Verbraucher beim Schälen entfernen kann. Bei weißem Spargel ist Verholzung nicht zulässig. Bei den anderen Gruppen ist eine beginnende Verholzung am unteren Stangenteil nur zulässig, sofern der Verbraucher sie durch Schälen entfernen kann. Die Schnittfläche sollte möglichst rechtwinklig sein. Bei weißem Spargel dürfen die Köpfe eine leichte rosa Färbung haben. Grünspargel muß mindestens zu 80 % seiner Länge grün sein.

Im Rahmen der Gütetoleranz sind in den Klassen Extra und I auch leichte, unvernarbte Risse, die nach dem Stechen entstanden sind, zulässig.

Klasse II

Die Spargelstangen können weniger gut geformt und stärker gebogen sein. Die Köpfe dürfen leicht geöffnet sein. Spuren von Rost sind zulässig, sofern sie sich beim Schälen entfernen lassen. Die Stangen dürfen holzig und die Schnittfläche leicht abgeschrägt sein. Weiße Spargelstangen dürfen eine Färbung, die auch grünlich sein kann, haben. Ebenso bei violetter Spargel. Grünspargel muß zu mindestens 60 % seiner Länge grün sein.

Im Rahmen der Gütetoleranz sind in der Klasse II zusätzlich zur üblichen Gütetoleranz 10 % der Stangen mit sehr leichten, durch das Waschen entstandene Risse oder hohle Stangen zulässig, wobei insgesamt maximal 15 % hohle Stangen zugelassen werden.

Längensortierung:

Spargelköpfe	< 12 cm
Kurz	12 – 17 cm
Lang (weiß oder violett)	17 – 22 cm
Lang (violett- grün oder grün)	17 – 27 cm

Durchmessersortierung:

	Kl. Extra	I	II
Minstdurchmesser			
Weiß, violett	12 mm	10 mm	8 mm
Violett- grün, grün	10 mm	6 mm	6 mm

Im Rahmen der Größentoleranz dürfen die angegebene Länge um nicht mehr als 1 cm und der angegebene Durchmesser um nicht mehr als 2 mm unter – oder überschritten werden.

Zulässiger Anteil anderer Farbgruppen:

	Kl. Extra	I	II
In weißem Spargel	10 % violett	10 % violett	15 % violett
In violetter Spargel		10 % andere Farbgruppe	
In violett- grünem Spargel		10 % andere Farbgruppe	
In Grünspargel		10 % andere Farbgruppe	

Diese sehr detaillierten Qualitätsvorschriften machen für ihr Realisieren einen hohen Arbeitszeitbedarf notwendig und erhöhen die Kosten je Produkteinheit Spargel erheblich.

Für den wirtschaftlichen Erfolg des Spargelanbaus ist besonders der Anteil der Handelsklassen Extra und I am Feldertrag entscheidend, so dass alles Augenmerk vor allem auf das Erreichen dieser besten, mit den höchsten Erzeugerpreisen verbundenen Klassen gerichtet ist.

5.1.2 Sorteneinfluss

Die äußere Qualität von Spargelstangen wird erheblich durch die Sorte beeinflusst (Tab.6). Bereits im ersten Erntejahr mit der nur vierwöchigen Ernteperiode brachte die Sorte 'Huchels Schneewittchen' einen gesichert niedrigeren Ertrag an marktfähigen Stangen (ME) gegenüber 'Gijnlim'. Mit 51% übertraf diese Sorte den Marktertrag der anderen Versuchssorte. Auch in den folgenden drei Ertragsjahren wurden erhebliche und statistisch sicherbare Differenzen in der Höhe der gebildeten verkaufsfähigen Stangen zwischen den beiden Sorten ermittelt (Abb. 16). Im 2. bis 4. Erntejahr mit der ca. achtwöchigen Ernteperiode wurden wesentlich höhere

und bei 'Huchels Schneewittchen' leicht ansteigende Markterträge erreicht. Bei 'Gijnlim' betrug der höchste Marktertrag im Versuchszeitraum 91,7 dt/ha. Der Abfall, der sich aus dem Unterschied zwischen dem Markt- und Gesamtertrag (GE) ergibt, ist in der Abbildung 17 dargestellt. Er ist besonders bei 'Huchels Schneewittchen' und mit bis zu einem Drittel Anteil am Gesamtertrag relativ hoch.

Die Sorte 'Gijnlim' brachte eine wesentlich größere Menge qualitativ hochwertiger Stangen (Klasse Extra und I) in den 4 Ertragsjahren hervor (Tab.6). Auffallend hierbei ist das besonders gute Ergebnis im 2. Erntejahr (Abb.18). Betrachtet man den Anteil der höchsten Qualitätsklassen am jeweiligen Marktertrag in den vier Untersuchungsjahren und bei beiden Sorten ergeben sich die in Tab.7 dargestellten Verhältnisse. Zwischen 40% und 58% sowie 35% und 57% des Marktertrages konnten bei 'Gijnlim' bzw. 'Huchels Schneewittchen' den HK Extra und I zugeordnet werden. Im ersten Erntejahr mit voller Ernteperiode wurde die beste Sortierung in den bisher vier Erntejahren erreicht. Das kumulative Ertrags- und Sortierungsergebnis in dt/ha ist in Tab. 8 dargestellt. Der Anteil des Marktertrages am Gesamtertrag lag bei beiden Sorten über 70%, der absolute Ertrag an Spargel der HK Extra und I bei 'Huchels Schneewittchen' aber nur etwa halb so hoch wie bei 'Gijnlim'.

Tab 6: Mittelwerte der Ertragsergebnisse mit Anteil der Handelsklassen Extra/I der Erntejahre 1997 bis 2000 bei zwei Spargelsorten in dt/ha

	ME dt/ha				GE Dt/ha				EXTRA/I dt/ha			
	1997	1998	1999	2000	1997	1998	1999	2000	1997	1998	1999	2000
Gijnlim	29,2	91,7	70,8	87,9	39,1	117,3	85,8	107,4	16,5	56,2	37,4	36,5
Huch.Schneewittchen	15,3	46,1	50,0	61,2	21,0	73,4	69,3	80,9	6,5	26,2	23,1	21,4
Standardabweichung	1,7	5,3	3,1	3,2	2,2	5,4	2,9	3,2	1,2	3,5	2,1	2,0

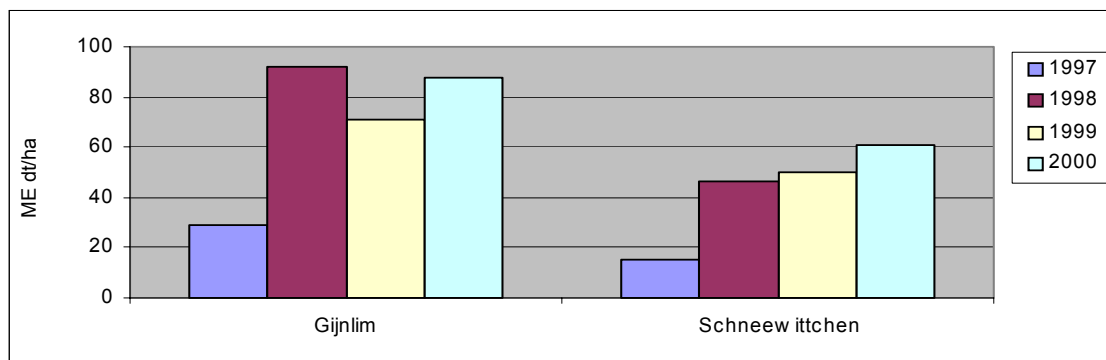
Tab.7: Anteil der Klassen Extra/I am Marktertrag bei zwei Sorten in 4 Ertragsjahren

Jahre Sorte	1997 %	1998 %	1999 %	2000 %
Gijnlim	58	59	53	40
H. Schneewittchen	44	57	45	35

Tab.8 : Ertrags- und Sortierungsergebnisse insgesamt 1997 bis 2000 bei zwei Spargelsorten in dt/ha

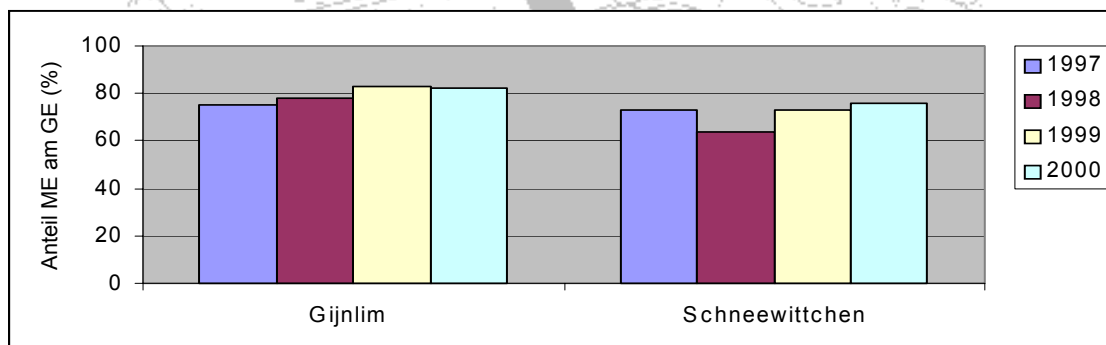
1997 – 2000				
Sorte	ME dt/ha	GE dt/ha	ME am GE (Anteil %)	Extra/I dt/ha
Gijnlim	279,6	349,6	79	146,6
Huch.Schneewittchen	172,6	244,6	71	77,2

Abb.16: Marktertrag in dt/ha für die Erntejahre 1997 bis 2000 bei zwei Spargelsorten



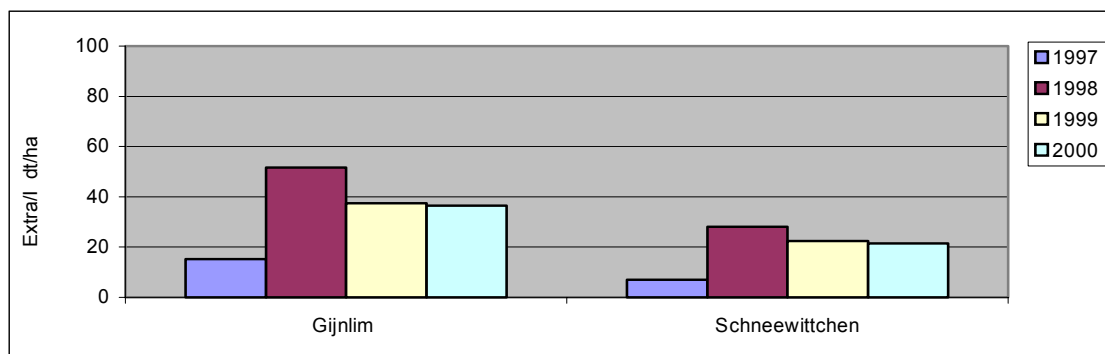
GD 5 % : 4.9

Abb. 17: Marktertragsanteil in % am Gesamtertrag für die Erntejahre 1997 bis 2000



GD 5 % : 2.0

Abb.18: Ertrag an Klasse Extra /I in dt/ha für die Erntejahre 1997 bis 2000 bei zwei Spargelsorten



GD 5 % : 3.7

5.1.3 Wirkung von Bestandesdichte bzw. Pflanzabstand

Die Ergebnisse der ersten vier Erntejahre zum Einfluß von drei verschiedenen Bestandesdichten bei den Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' auf die äußere Qualität- verdeutlicht am Gesamt- und Marktertrag sowie der Höhe der HK Extra/I- sind in den Tabellen 9-12 dargestellt.

Eine Bestandesdichte von 16.000 Pflanzen /ha, die der praxisüblichen Standweite von 160 cm x 40 cm entspricht, führte bei beiden Sorten zu zwar häufig statistisch nicht gesicherten, aber in der Tendenz fast immer geringeren Ertragsleistungen in dt/ha und Sortierungen als bei 25.000 Pflanzen /ha (160 cm x 25 cm) in den ersten vier Erntejahren. Die wesentlich ertragsreichere Sorte ' Gijnlim' reagierte auf das Erhöhen der Pflanzenanzahl in der Reihe stärker als die ertragsschwächere 'Huchels Schneewittchen'. Betrachtet man die Einzelstangengewichte beim marktfähigen Ertrag, so zeigt sich tendenziell häufig bei geringerer Bestandesdichte ein etwas höheres Gewicht, das jedoch infolge der hier niedrigeren Stangenzahl zu keinem günstigeren Ertragsergebnis zu führen vermochte. In den vier Untersuchungsjahren erbrachten die verschiedenen Bestandesdichten die in den Abb. 19 bis 21 vergleichend dargestellten Gesamtergebnisse.

Tabelle 9: Ertragsergebnisse sowie Anteil der Handelsklassen Extra/I im Erntejahr 1997 bei zwei Spargelsorten mit drei Bestandesdichten

Sorte/ Pflanzabstand	Marktertrag (ME)						Gesamt- ertrag (GE)		Anteil ME an GE	Handelsklasse Extra/I					
	dt/ha	%	TSt/ha	%	g/St	%	dt/ha	%		dt/ha	%	TSt/ha	%	g/St	%
<u>Gijnlim</u>															
160 x 25 cm	33,7	100	138,8	100	24,3	100	44,9	100	75	17,8	100	71	100	25	100
160 x 33 cm	26	77	102,3	74	25,4	104	35,3	79	74	15,2	85	57,7	81	26,3	105
160 x 40 cm	27,9	83	108,2	78	25,8	106	37,2	83	75	16,5	93	62,1	88	26,6	106
<u>Huch.Schnee- wittchen</u>															
160 x 25 cm	16,2	48	92,3	66	17,7	73	22,9	51	71	7,1	40	38,5	54	18,5	74
160 x 33 cm	15	44	84,0	60	17,8	73	20,5	46	73	6,3	35	33,3	47	18,9	76
160 x 40 cm	14,7	44	83,5	60	17,6	72	19,8	44	74	6,1	34	32,9	46	18,4	74
GD 5%	3,2		14,0		1,8		4			2,7		11,7		1,9	

Tabelle10: Ertragsergebnisse sowie Anteil der Handelsklasse Extra/I im Erntejahr
1998 zwei Spargelsorten mit drei Bestandesdichten

Sorte/ Pflanzabstand	Marktertrag (ME)						Gesamt- ertrag (GE)		Anteil ME an GE	Handelsklasse Extra/I					
	dt/ha	%	TSt/ha	%	g/St	%	dt/ha	%		dt/ha	%	TSt/ha	%	g/St	%
<u>Gijnlim</u>															
160 x 25 cm	100,9	100	271,2	100	37,2	100	128,9	100	78	61,3	100	167,6	100	36,6	100
160 x 33 cm	86,7	85	218,5	81	39,4	106	110,4	86	78	51,6	84	133,7	80	38,6	106
160 x 40 cm	87,6	87	227,5	84	38,6	104	112,7	87	78	55,7	91	143,9	86	38,7	106
<u>Huch.Schnee- wittchen</u>															
160 x 25 cm	50,7	50	178,8	66	28,4	76	78,5	61	65	28,1	46	87,2	52	32,3	88
160 x 33 cm	45,5	45	159,6	59	28,5	77	71,6	56	64	26,7	43	90,9	54	29,4	80
160 x 40 cm	42,2	42	152,6	56	27,6	74	70,1	54	60	23,9	39	83,1	50	28,8	79
GD 5%	23,9		65,9		5,7		27,6			45,8		17,6		12,4	

Tabelle11: Ertragsergebnisse sowie Anteil der Handelsklassen Extra/I im Erntejahr
1999 bei zwei Spargelsorten mit drei Bestandesdichten

Sorte/ Pflanzabstand	Marktertrag (ME)						Gesamt- ertrag (GE)		Anteil ME an GE	Handelsklasse Extra/ I					
	dt/ha	%	TSt/ha	%	g/St	%	dt/ha	%		dt/ha	%	TSt/ha	%	g/St	%
<u>Gijnlim</u>															
160 x 25 cm	78,6	100	262,2	100	30,3	100	96,7	100	82	41,5	100	125,2	100	33,1	100
160 x 33 cm	68,7	87	230,0	88	29,9	100	82,6	85	83	37,5	90	116,5	93	32,3	98
160 x 40 cm	65,2	83	230,7	88	28,3	94	78,3	81	83	33,2	80	107,5	86	30,9	93
<u>Huch.Schnee- Wittchen</u>															
160 x 25 cm	51,2	65	217,5	83	23,4	78	73,1	76	70	22,4	54	85,2	85	26	78
160 x 33 cm	51	65	201,2	77	25,3	84	70	72	73	24,4	59	83,7	84	29	88
160 x 40 cm	47,8	61	196,9	75	24,3	81	64,8	67	74	22,5	54	81,2	81	27,6	83
GD 5%	8,6		30,0		3		10,8			17,9		5,8		2,5	

Tabelle12: Ertragsergebnisse sowie Anteil der Handelsklassen Extra/I im Erntejahr 2000 bei zwei Spargelsorten mit drei Bestandesdichten

Sorte/ Pflanzabstand	Marktertrag (ME)						Gesamt- ertrag (GE)		Anteil ME an GE	Handelsklasse Extra/I					
	dt/ha	%	TSt/ha	%	g/St	%	dt/ha	%		%	dt/ha	%	TSt/ha	%	g/St
<u>Gijnlim</u>															
160 x 25 cm	92,6	100	284,1	100	32,6	100	112,9	100	82	39,2	100	105	100	37,4	100
160 x 33 cm	84,6	92	255,3	90	33,3	102	103,3	92	82	35,3	90	97,3	93	36,5	98
160 x 40 cm	86,5	93	260,7	92	33,3	102	106	94	82	35,1	89	93,4	89	37,5	100
<u>Huch.Schnee- Wittchen</u>															
160 x 25 cm	63,5	69	234,1	82	27,2	83	83,3	74	76	22,4	57	71,4	68	31,5	84
160 x 33 cm	61,1	66	216,0	76	28,3	87	80,7	72	76	21,4	55	65,9	63	32,6	87
160 x 40 cm	59,6	64	216,9	76	27,6	84	78,8	70	76	20,3	52	62,6	60	32,3	86
GD 5%	7,5		22,5		2,6		8,2			13,6		5,5		2,2	

Abb. 19-21 : Ertrags- und Sortierungsergebnisse 1997 bis 2000 bei Grünspargel verschiedener Bestandesdichten und zwei Sorten

Abb. 19 : Markterträge 1997 - 2000 in dt/ha

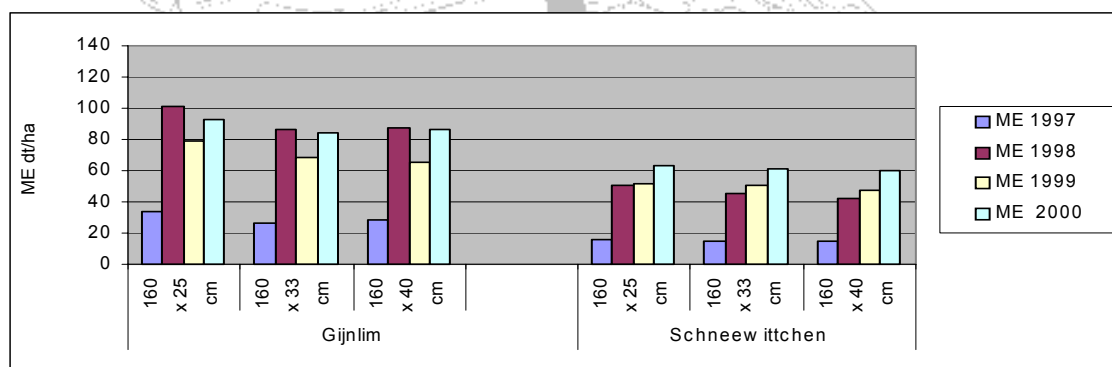


Abb. 20 : Gesamterträge 1997 – 2000 in dt/ha

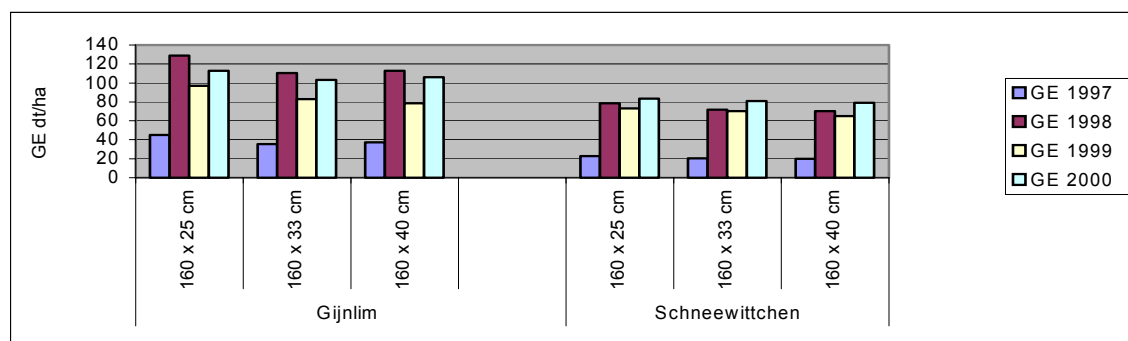
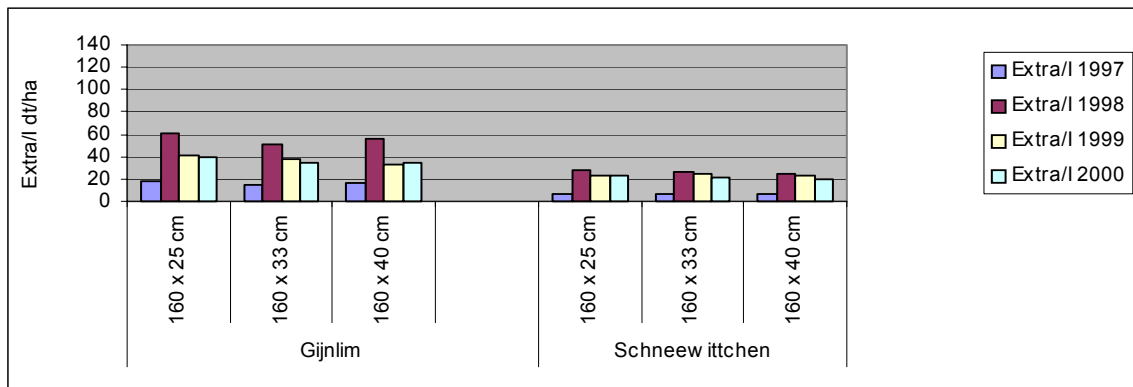


Abb.21 : Anteil der Handelsklassen Extra/I an den Markterträgen 1997 – 2000 in dt/ha



5.1.4 Auswirkung des Pflanzenalters

Beim mehrjährigen Spargel übt das Pflanzenalter einen erheblichen Einfluß auf Ertrag und Sortierung aus. Die Untersuchungen bezogen sich nur auf das etwa erste Drittel des gesamten Erntezeitraums. Nach dem ersten Erntejahr mit der nur verkürzten Ernteperiode wurde im 2. Ertragsjahr ein erheblicher Marktertragsanteil insgesamt und besonders auch im Ertrag der beiden höchsten Güteklassen ermittelt (Abb. 19 und 21). Eine weitere Steigerung konnte in den zwei Folgejahren nur bei 'Huchels Schneewittchen' erreicht werden. Das dürfte auch dem in der jeweiligen Erntezeit wenig günstigen Witterungsverlauf zuzuschreiben sein. Neben Sorte und Bestandesdichte sind es besonders die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse von Mitte April bis Mitte Juni, die die Spargelstangenqualität und das Wachstum der Triebe beeinflussen. Der vierjährige Versuchszeitraum lässt keine Aussagen zur Entwicklung der äußeren Qualität von Spargelstangen in der Vollertragsperiode und der Periode des absteigenden Ertrages der Spargelanlage zu.

5.1.5 Diskussion der Ergebnisse zur äußeren Qualitätsbildung

Die vierjährigen Versuchsergebnisse zeigen teilweise erhebliche Auswirkungen der Sortenwahl auf die äußere Qualität der Spargelstangen, die im absoluten und prozentualen Anteil des marktfähigen Ertrages am gesamten Feldertrag, aber auch im durchschnittlichen Stangengewicht sowie der Sortierung in den Handelsklassen Extra und I deutlich wird. In einem 1999 gepflanzten Spargelversuch der Forschungsanstalt Geisenheim bestätigte sich die Frühzeitigkeit der Sorte 'Gijnlim'. Diese wurde zusammen mit der Sorte 'Grolim' auf den Einfluss der Folienbedeckung geprüft. Bei beiden Methoden, mit und ohne Folie, zeigte 'Gijnlim' einen Vorteil. Lediglich bei der Sortierung nach Durchmesser schnitt 'Grolim' besser ab (Paschold u.a., 2001). Viele dünne Stangen/ Produkteinheit verursachen einen

höheren Arbeitszeitaufwand beim Stechen und Sortieren, außerdem liegen die Preise für Spargel Extra und I wesentlich über denen für die Handelsklasse II. Das ökonomische Ergebnis der Spargelproduktion wird also entscheidend von der äußeren Stangenqualität beeinflusst. Darüber hinaus bevorzugt der Käufer die dickeren, geraden und unbeschädigten Spargelstangen. Das gilt für alle vier in der Europäischen Union handelsfähigen Farbgruppen bei Spargel.

Das Versuchsergebnis zeugt von der bekannten hohen Leistungsfähigkeit der niederländischen Sorte 'Gijnlim', auch bei ihrem Anbau als Grünspargel. Anders als bei der anthocyanfreien grünen deutschen Sorte 'Huchels Schneewittchen' weisen ihre über der Bodenfläche wachsenden Triebe jedoch eine violett-grüne Färbung auf. Nicht jeder Markt ist für derartig gefärbten Spargel aufnahmefähig, obwohl der violette Farbstoff Anthocyan beim Kochprozeß aus der Stange austritt und auf dem Teller ebenfalls nur rein grüne Stangen vorliegen. 'Huchels Schneewittchen' wird neuerdings nur unter dem Sortennamen 'Schneewittchen' (Fa. Deutsche Spargelzucht GbR Alt-Mölln/D) für die Grünspargelerzeugung angeboten. Ihre nur mittlere Ertragsleistungsfähigkeit, wie sie deutlich im Feldversuch gegenüber der Sorte 'Gijnlim' hervortrat, führte neuerdings dazu, dass der gleiche Zuchtbetrieb die Neuzüchtung 'Viridas' - die erste ausschließlich männliche Grünspargelhybride mit verbesserten Eigenschaften- wie einem gut geschlossenen Kopf und hoher Ertrag- auf den Markt gebracht hat (Rosen 2002).

Die Ertragsfähigkeit und Sortierung der beiden Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' hängen auch von der Bestandesdichte bzw. dem Pflanzabstand ab. So hat die sowieso schon ertragsreichere Sorte 'Gijnlim' die besten Ernteerträge an Marktertrag (ME) bei einem Pflanzabstand von 160 x 25 cm, das entspricht 2,5 Pfl./qm und ist von den drei Bestandesdichten die am dichtesten bepflanzt (Abb.19). Auch beim Gesamtertrag (GE) und der Sortierung in die Handelsklassen Extra/I liegt 'Gijnlim' über den Ernteerträgen von 'Huchels Schneewittchen' (Tab.9-12). Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen Kaufmann und Pelzer (2000): sie stellten einen signifikanten Einfluß der Bestandesdichte auf die Sortierung bei 'Gijnlim' fest.

Wenn man sich das Einzelstangengewicht am Marktertrag betrachtet, so zeigt sich bei der geringeren Bestandesdichte ein etwas höheres Gewicht, was allerdings aufgrund der niedrigeren Stangenanzahl zu keinem besseren Ertragsergebnis führte (Abb. 9-12). Die Auswirkung des Pflanzenalters beim mehrjährigen Spargel hat einen erheblichen Einfluß auf die Ertragsfähigkeit und die Sortierung in die Handelsklassen. Abgesehen vom 1. Erntejahr, in dem nur verkürzt geerntet wurde, erzielte die Sorte 'Gijnlim' im darauf folgenden 2. Erntejahr

die höchsten Erträge- beim Markt- und Gesamtertrag sowie den Handelsklassen- insgesamt. Im 3. Erntejahr erlitten die Erträge bei 'Gijnlim' einen deutlichen Einbruch und erholten sich im 4. Erntejahr wieder etwas (Abb. 19-21). Die Sorte 'Huchels Schneewittchen' erzielte beim Marktertrag und Gesamtertrag im 4. Erntejahr die höchsten Ertragsergebnisse. Zurückzuführen könnte das auf die ungünstigen Klimabedingungen in der jeweiligen Erntezeit sein. Abgesehen von der Sorte, der Bestandesdichte und dem Alter der Spargelpflanzen spielt besonders die Witterung in der Ernteperiode eine wesentliche Rolle. Die Temperatur und Luftfeuchtigkeit üben auf die Qualität der Spargelstangen einen erheblichen Einfluß aus. Obwohl sich der Standort des Parzellenfeldversuchs im stark maritim beeinflussten Binnentiefland von Berlin- Brandenburg befindet, mit einem Jahresniederschlag von 523 mm und einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von 8,6°C, kann es durch längere Frostperioden bis weit ins Frühjahr hinein zu empfindlichen Schäden und zu Qualitätsverlust und Ernteeinbrüchen kommen. Um eine konkrete Aussage zur Sortierung des jeweiligen Erntegutes in der Vollertragsperiode und Periode des absteigenden Ertrages treffen zu können, müsste der vierjährige Feldversuch noch etwa sechs Jahre weitergeführt werden.

5.2 Innere Qualität von Spargelstangen zum Erntezeitpunkt

Für die Analyse der inneren Qualität von Grün- und Bleichspargel wurden im Jahr 1999 Proben von zwei verschiedenen Ernteterminen verwendet, um zu sehen, welchen Einfluss das Klima und der Zeitpunkt der Ernte auf die Qualität der Spargelstangen der Handelsklassen Extra/ I hat. In den beiden folgenden Versuchsjahren erfolgte die Probenentnahme jeweils an einem Termin.

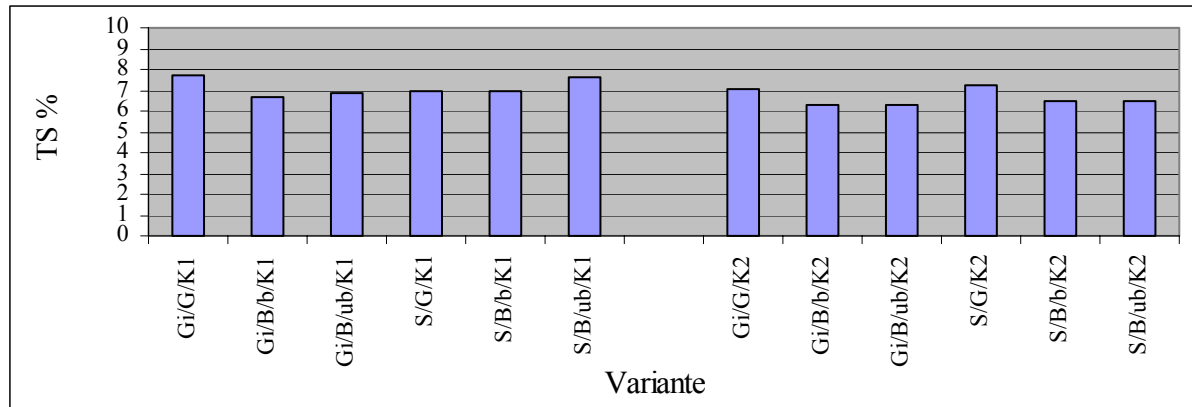
Verwendet wurden in den Versuchsjahren 1999 bis 2001 Bleich- und Grünspargelstangen (B bzw. G) der Sorten 'Gijnlim' (Gi) und 'Huchels Schneewittchen' (S), wobei der Bleichspargel beider Sorten 1999 sowohl aus bedecktem (b) als auch unbedecktem (ub) Anbau geerntet wurde. Analysiert wurden Trockensubstanzgehalt, Zuckergehalt, Säuregehalt (Apfel-, Zitronen- und Weinsäure), sowie Aminosäuren- und Pektingehalt.

Diese Inhaltstoffe wurden kurz nach der Ernte, nach zwei Wochen Kühlagerung (5.3.2) und zwei bzw. fünf Wochen CA- Lagerung (5.4.2) bestimmt. Die Werte zum Erntezeitpunkt bilden die Kontrolle (K) für die ermittelten Werte nach der Lagerung.

5.2.1 Trockensubstanz-, Zucker- und Säuregehalte

Die Trockensubstanzgehalte der Spargelstangen, die in den drei Versuchsjahren sofort nach der Ernte ermittelt wurden, sind in den Abbildungen 22 bis 24 dargestellt. Sie schwanken bei den einzelnen Varianten und Jahren zwischen 6 und knapp 8%.

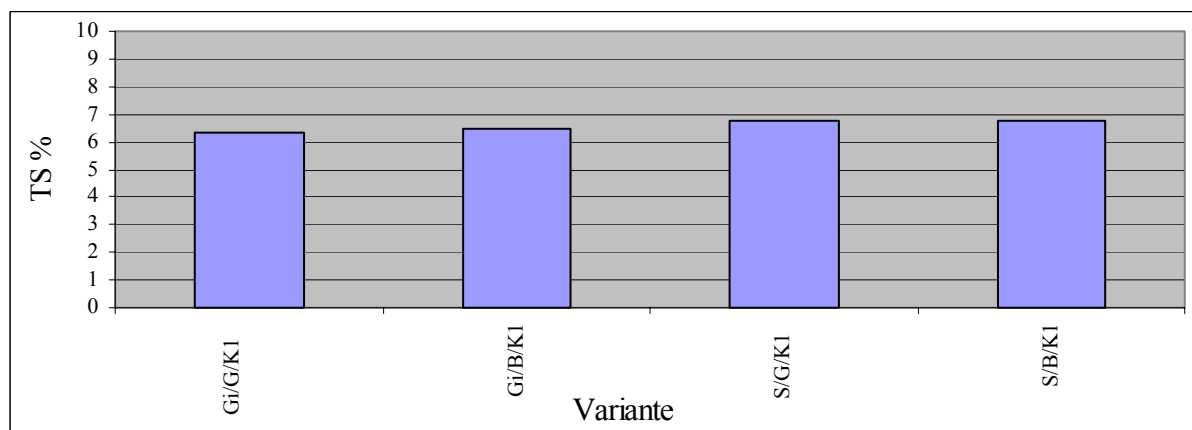
Abb.22: Trockensubstanzgehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 1999), 2 Serien



GD 5% : 0,8

Die Trockensubstanzergebnisse bei der Ernte 1999 sind in der Tendenz beim 1. Erntetermin höher als beim zweiten (Abb. 22). Der höchste Wert überhaupt mit knapp 8% wurde bei 'Gijnlim' Grünspargel der 1. Serie ermittelt. Unterschiede im Ergebnis gab es zwischen Bleichspargel 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' unbedeckt und bedeckt nur in der 1. Serie (Abb.22). Die höheren Werte an Trockensubstanz wiesen in der Regel die Grünspargelstangen beider Sorten bei den zwei Serien auf.

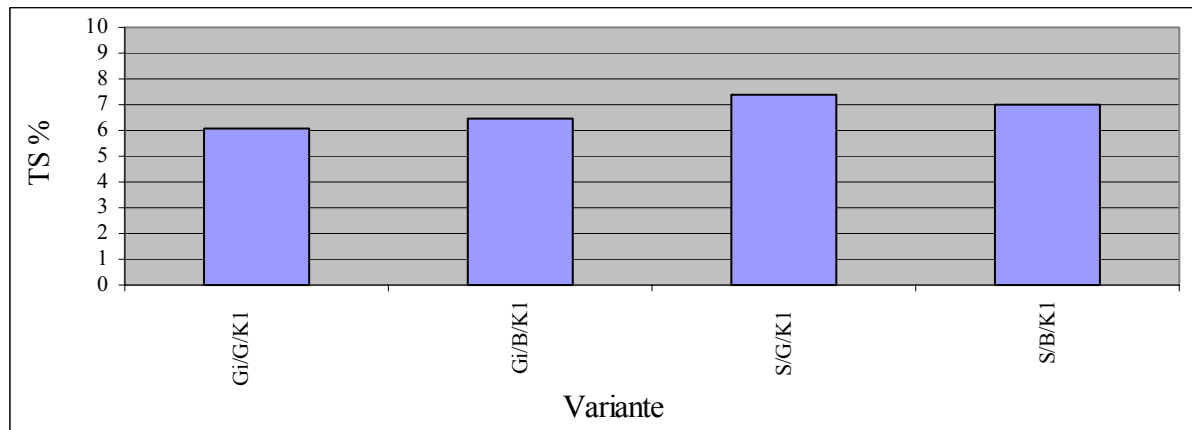
Abb.23: Trockensubstanzgehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2000)



GD 5% : 0,6

Die Ergebnisse zu den Trockensubstanzgehalten bei der Ernte im Jahre 2000 sind tendenziell gleich (Abb.23). Grün- und Bleichspargelstangen der Sorte 'Gijnlim' weisen einen etwas niedrigeren Trockensubstanzwert gegenüber Grün- und Bleichspargel von 'Huchels Schneewittchen' auf. Die Werte liegen in ähnlicher Höhe wie bei der 2. Serie des Jahres 1999.

Abb.24: Trockensubstanzgehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2001)



GD 5% : 0,1

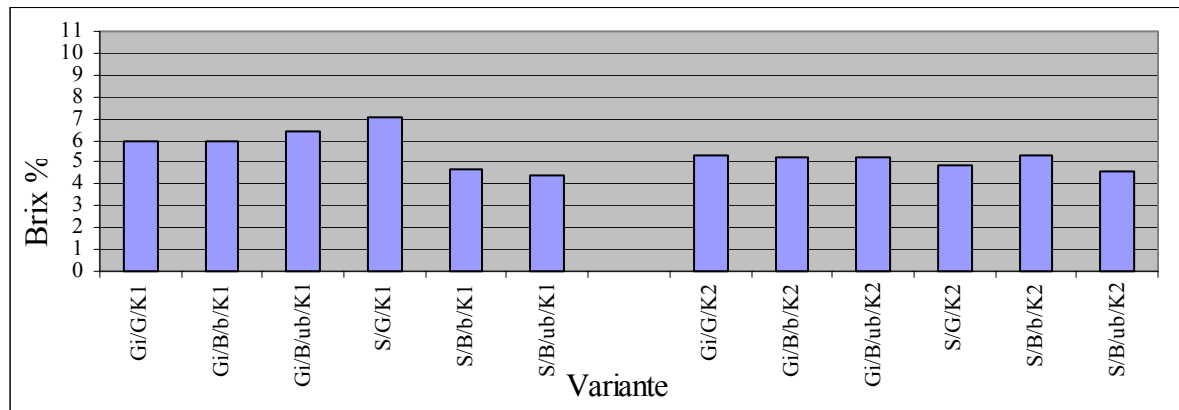
Auch die Ergebnisse zu den Trockensubstanzgehalten nach der Ernte 2001 liegen bei der Sorte 'Huchels Schneewittchen' insgesamt über denen von 'Gijnlim'. Bei 'Huchels Schneewittchen' ist der Grünspargelwert höher als der von Bleichspargel. Bei der Sorte 'Gijnlim' liegt der Bleichspargelwert dagegen über dem von Grünspargel.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die TS- Gehalte von Bleich- und Grünspargelstangen zum Erntezeitpunkt bei der Sorte 'Huchels Schneewittchen' in allen Versuchsjahren und bei fast allen Varianten etwas über denen der Sorte 'Gijnlim' liegen.

Bei den Zuckergehalten wiesen die einzelnen Varianten zum Erntezeitpunkt die in den Abb. 25 bis 27 dargestellten Brix- Werte auf.

Bei der Ernte im Jahre 1999 ist der Zuckergehalt bei 'Gijnlim' Grünspargel und bedecktem Bleichspargel der 1. Serie fast identisch (Abb.25). Nur minimal höher ist der Zuckergehalt bei unbedecktem Bleichspargel der selben Sorte. Der bedeckte und unbedeckte Bleichspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' liegt im Zuckergehalt deutlich unter dem von 'Gijnlim'. Nur Grünspargel von 'Huchels Schneewittchen' weist in der 1. Serie bzw. insgesamt den höchsten Zuckergehalt auf.

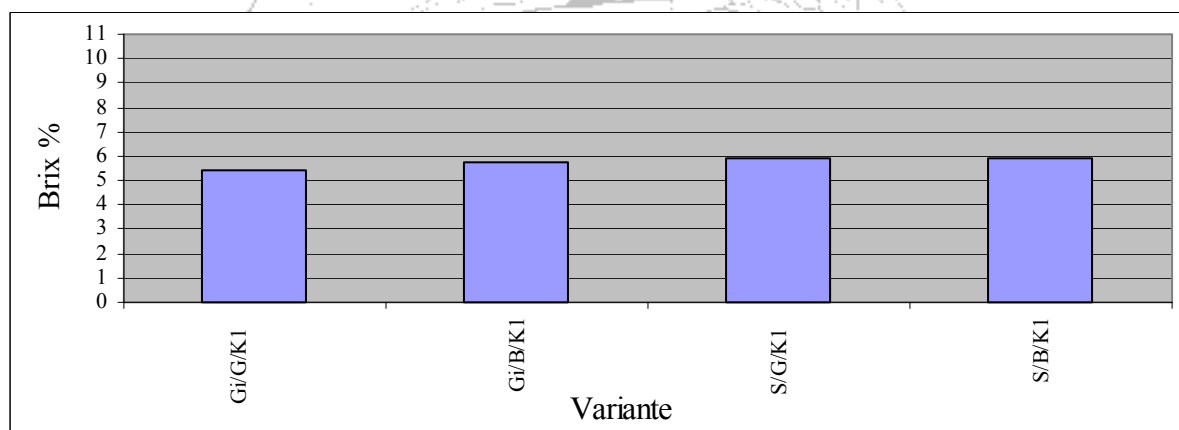
Abb.25: Zuckergehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 1999), 2 Serien



GD 5% : 0,2

In der 2. Serie liegen alle Varianten von 'Gijnlim' im Ergebnis dicht zusammen. Bei 'Huchels Schneewittchen' hat der unbedeckte Bleichspargel den niedrigsten Zuckergehalt und liegt recht deutlich unter dem Wert von bedecktem Bleichspargel. Etwas geringer fällt der Wert beim Grünspargel gegenüber Bleichspargel aus. Auffällig zwischen den beiden Serien ist das unterschiedliche Ergebnis bei Grünspargel von 'Huchels Schneewittchen'. Bei der 1. Serie ist der Zuckergehalt allgemein höher als bei der 2. Serie.

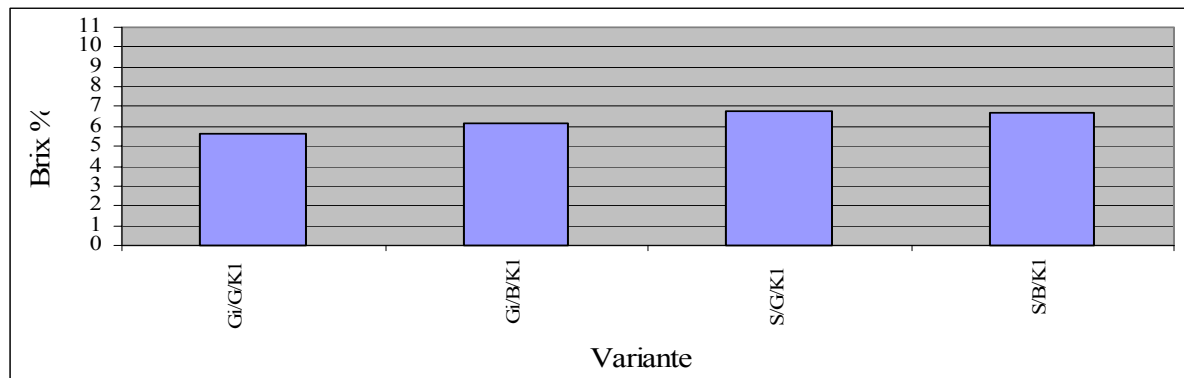
Abb.26: Zuckergehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2000)



GD 5% : 0,1

Die Ergebnisse bei der Ernte im Jahre 2000 sind bei Grün- und Bleichspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' identisch (Abb 26) und ähnlich wie bei Bleichspargel der Sorte 'Gijnlim'. Niedriger ist das Ergebnis bei den Grünspargelstangen von 'Gijnlim'. Diese Variante hat den insgesamt niedrigsten Zuckergehalt.

Abb.27: Zuckergehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2001)



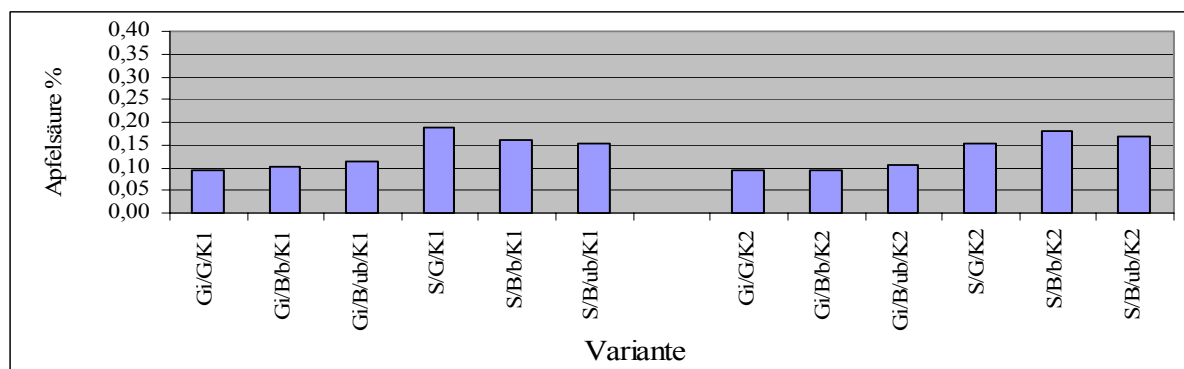
GD 5% : 0,1

Bei der Ernte im Jahre 2001 war der Zuckergehalt von Grün- und Bleichspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' wiederum beinahe identisch und insgesamt höher als die Zuckergehalte von 'Gijnlim' Bleich- und Grünsparigel. Bei der Sorte 'Gijnlim' hat im Vergleich zu Bleichspargel Grünsparigel den niedrigeren Zuckergehalt.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Ergebnisse der Versuchsjahre 2000/2001 in der Tendenz ähnlich sind. Resultate bei 'Huchels Schneewittchen' Bleich- und Grünsparigel liegen für beide Erntejahre über den Messwerten von Bleich- und Grünsparigel der Sorte 'Gijnlim'. 1999 wies die 1. Serie in der Regel variantenunabhängig die höheren Zuckergehalte auf. Die Einzelwerte schwankten wesentlich mehr als in den Folgejahren. Die Zuckergehaltswerte schwanken insgesamt zwischen etwas über 4 bis etwa 7% bei den einzelnen Varianten im dreijährigen Versuchszeitraum.

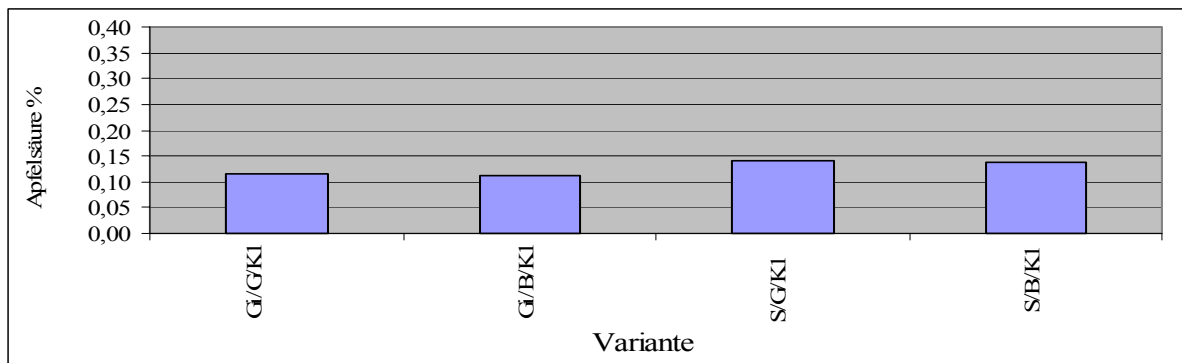
Die Apfelsäuregehalte der Spargelstangen beider Versuchssorten bei unterschiedlichen Anbauformen sind in den Abbildungen 28 bis 30 dargestellt.

Abb.28: Apfelsäuregehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 1999), 2 Serien



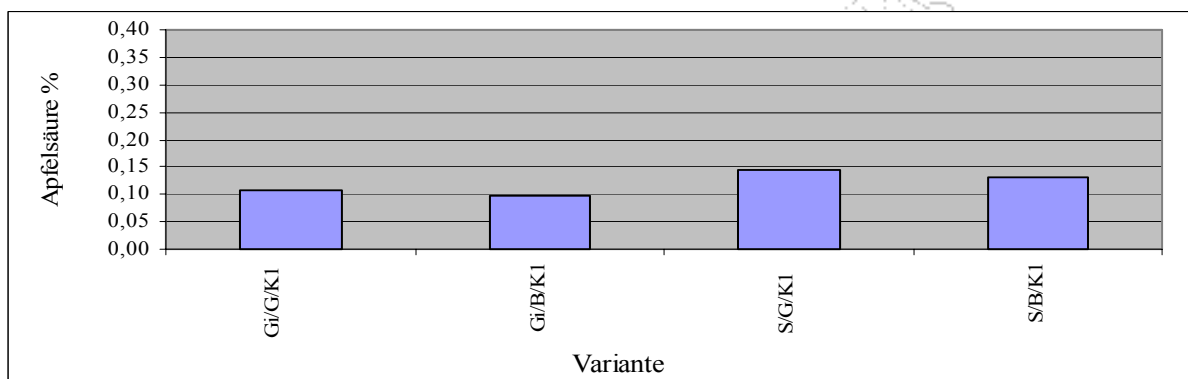
Im Versuchsjahr 1999 ist der Apfelsäuregehalt von 'Gijnlim' Grünspargel und Bleichspargel bei beiden Ernteterminen fast gleich. 'Huchels Schneewittchen' weist bei beiden Serien wesentlich höhere Werte als die Sorte 'Gijnlim' auf. Der Apfelsäuregehalt liegt beim Grünspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' in der 1. Serie deutlich über dem Wert der gleichen Sorte beim 2. Erntetermin und ist vergleichsweise der höchste insgesamt.

Abb.29: Apfelsäuregehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2000)



Im Versuchsjahr 2000 sind die Apfelsäurewerte von 'Gijnlim' Grün- und Bleichspargel nahezu identisch und liegen wiederum unter denen der Sorte 'Huchels Schneewittchen', die ebenfalls fast identische Ergebnisse in den Apfelsäurewerten zeigt.

Abb.30: Apfelsäuregehalte von Spargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2001)

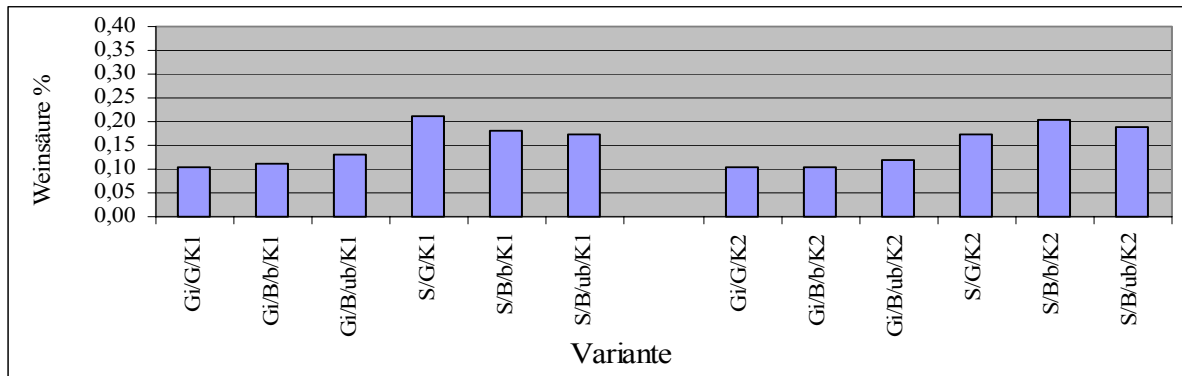


Im Versuchsjahr 2001 wurden sehr ähnliche Ergebnisse wie im Vorjahr erzielt.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß in beiden Versuchsjahren die Apfelsäuregehalte von Bleich- und Grünspargelstangen der Sorte 'Huchels Schneewittchen' über denen der Sorte 'Gijnlim' liegen. Bleich- und Grünspargel wiesen ähnliche bis gleiche Werte im Apfelsäuregehalt auf.

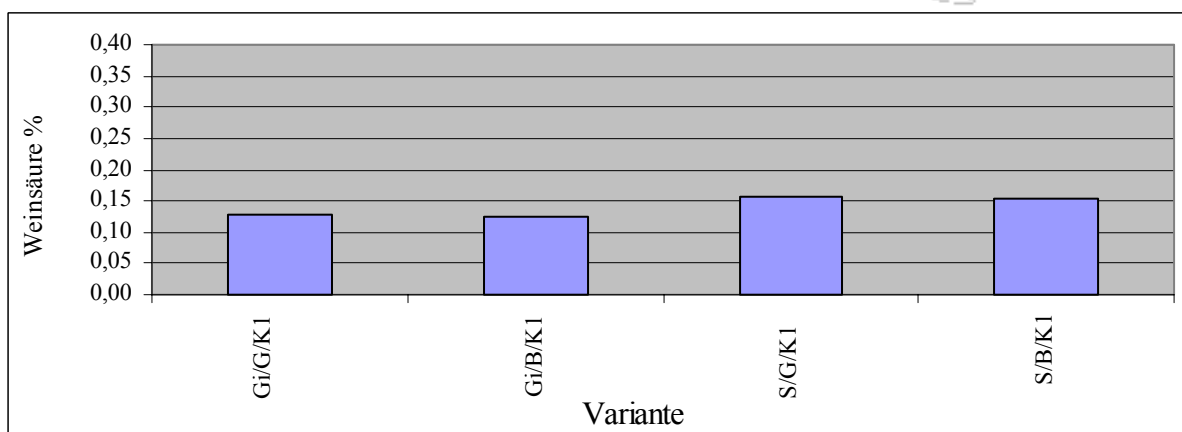
Die Weinsäuregehalte der verschiedenen Varianten enthalten die Abbildungen 31 bis 33.

Abb.31: Weinsäuregehalt der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 1999), 2 Serien



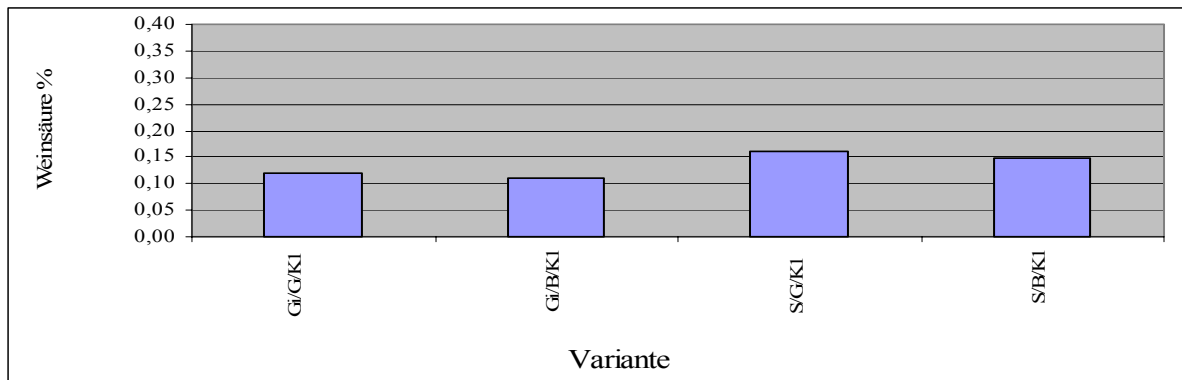
Im Versuchsjahr 1999 ist der Weinsäuregehalt beim Grün- und Bleichspargel der Sorte 'Gijnlim' bei beiden Ernteterminen ähnlich. Etwas höher liegt der Wert vom unbedeckten Bleichspargel in der 1. Serie gegenüber dem Ergebnis der 2. Serie gleicher Variante. Den höchsten Wert der 1. Serie erzielte Grünspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen'. Er liegt über der gleichen Variante der 2. Serie und ist der höchste insgesamt. Beim bedeckten und unbedeckten Bleichspargel von 'Huchels Schneewittchen' sind die Ergebnisse der 2. Serie etwas höher. Insgesamt liegt der Weinsäuregehalt der Sorte 'Huchels Schneewittchen' bei Grün- und Bleichspargel über denen von 'Gijnlim'. Die Schwankungsbreite der Einzelwerte ist im Vergleich zu den Folgejahren auch bei diesem Inhaltsstoff wesentlich höher.

Abb.32: Weinsäuregehalt der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2000)



Auch im Versuchsjahr 2000 weisen die Grün- und Bleichspargelstangen der Sorte 'Gijnlim' einen geringeren Weinsäuregehalt auf als die der anderen Versuchssorte (Abb.32). Grünspargel hat einen minimal höheren Weinsäuregehalt als 'Gijnlim' Bleichspargel. Bei der Sorte 'Huchels Schneewittchen' sind die Ergebnisse beider Varianten nahezu identisch.

Abb.33: Weinsäuregehalt der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2001)



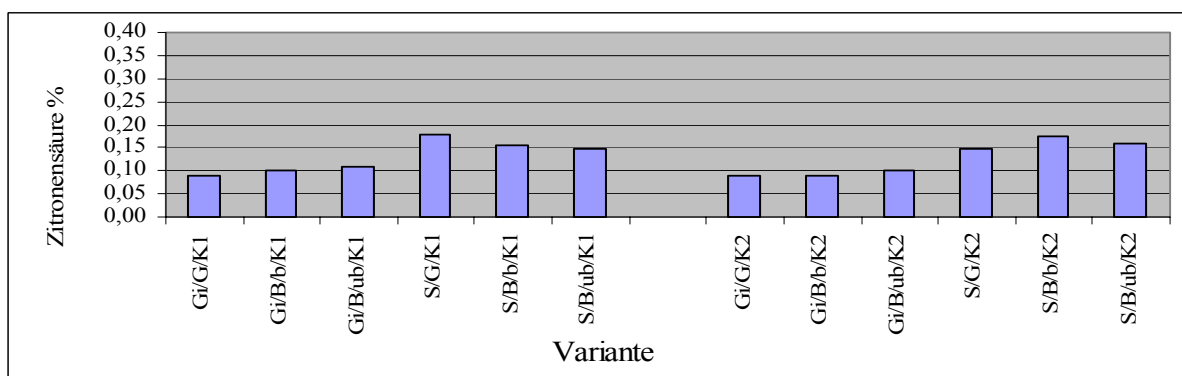
Die Ergebnisse 2001 sind denen im Jahr 2000 in der Tendenz ähnlich (Abb.33). Spargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' enthält mehr Weinsäure als der Bleich- und Grünspargel der Sorte 'Gijnlim'. Das Ergebnis von Bleichspargel der Sorte 'Gijnlim' liegt etwas unter dem Wert von Grünspargel der gleichen Sorte. Er ist der niedrigste Wert überhaupt.

Insgesamt ist festzustellen, daß, wie auch schon bei den Ergebnissen der Apfelsäuregehalte, die Weinsäure-Werte der Spargelsorte 'Huchels Schneewittchen' in allen Versuchsjahren über denen von 'Gijnlim' liegen.

Im Jahr 1999 gibt es mit 0,22% Weinsäure beim Grünspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' und 0,21% beim bedeckten Bleichspargel der selben Sorte die höchsten Werte.

Die Zitronensäuregehalte der verschiedenen Spargelproben aus 3 Versuchsjahren sind in den Abbildungen 34 bis 36 dargestellt.

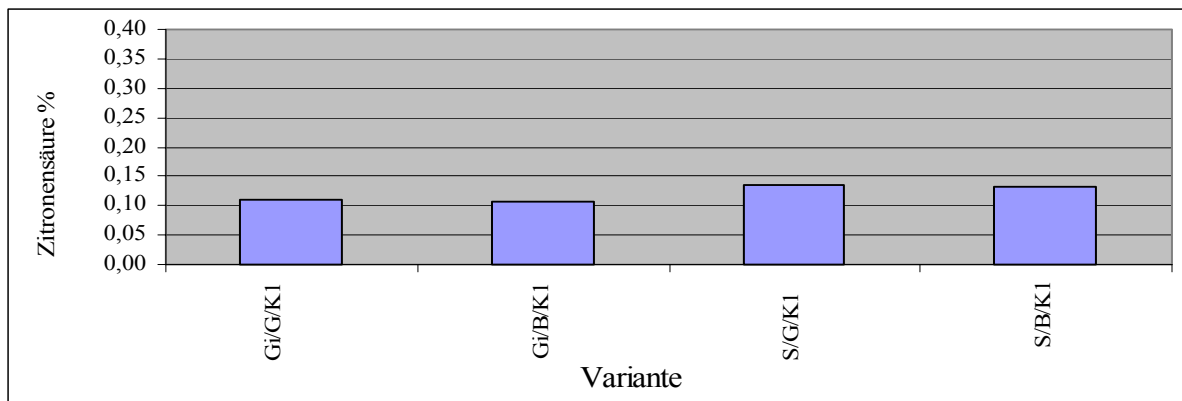
Abb.34: Zitronensäuregehalte der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 1999), 2 Serien



Der Zitronensäuregehalt beim Grün- und Bleichspargel der Sorte 'Gijnlim' ist bei beiden Ernteterminen im Jahr 1999 ähnlich. Lediglich das Ergebnis beim unbedeckten Bleichspargel

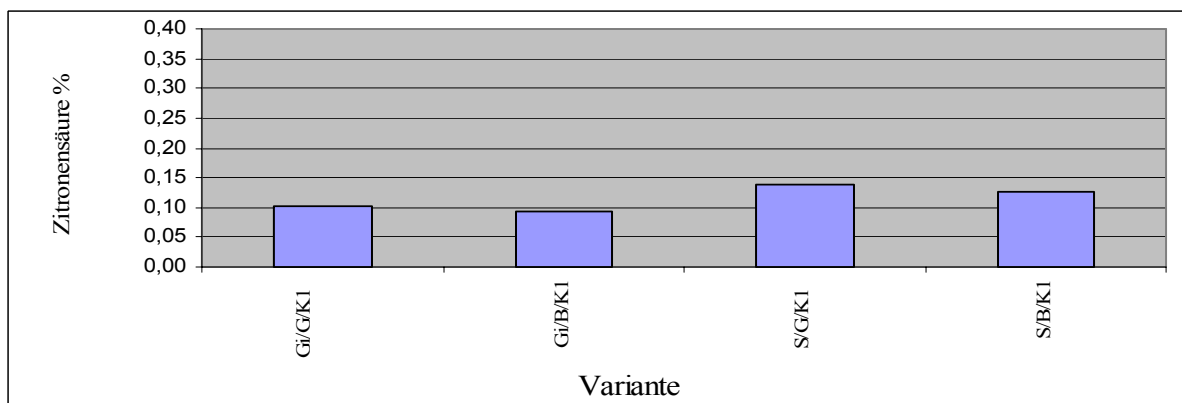
der Sorte 'Gijnlim' beim ersten Erntetermin liegt etwas über dem des 2. Termins. Insgesamt liegt der Zitronensäuregehalt der Sorte 'Huchels Schneewittchen' bei Grün- und Bleichspargel für beide Serien über dem von 'Gijnlim'. Bei der 2. Serie stieg der Wert des bedeckten Bleichspargels von 'Huchels Schneewittchen' gegenüber der gleichen Variante der 1. Serie. Grünspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' erreichte den höchsten Zitronensäurewert.

Abb.35: Zitronensäuregehalt der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2000)



Im Versuchsjahr 2000 liegen die Ergebnisse für Bleich- und Grünspargel beider Sorten dicht beieinander. Die Grünspargelergebnisse liegen für beide Sorten geringfügig über denen von Bleichspargel und insgesamt enthalten die Grün- und Bleichspargelstangen der Sorte 'Huchels Schneewittchen' mehr Zitronensäure.

Abb.36: Zitronensäuregehalt der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2001)



Diesen Resultaten sind die Ergebnisse 2001 sehr ähnlich (Abb. 36). Spargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' enthält mehr Zitronensäure als der Bleich- und Grünspargel der Sorte 'Gijnlim'. Auch in diesem Jahr liegen die Grünspargelwerte beider Sorten über dem

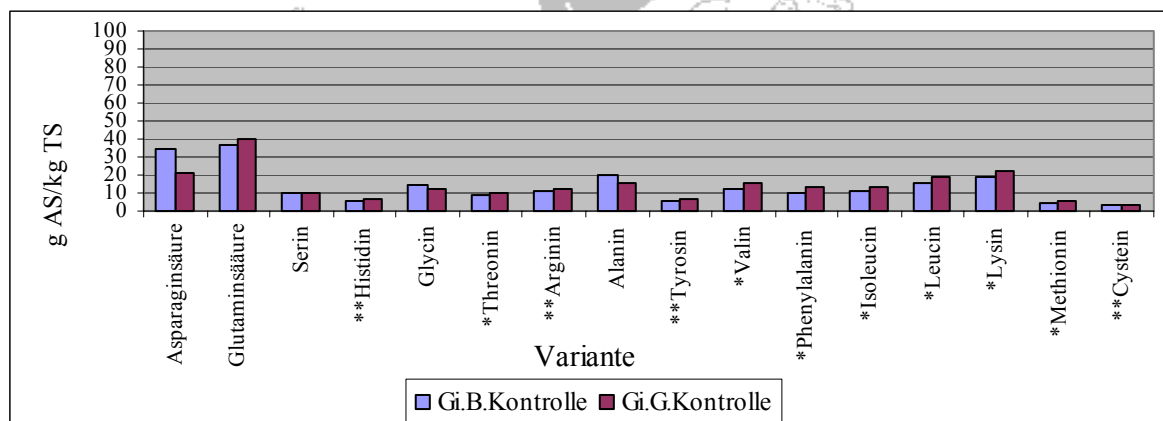
Ergebnis von Bleichspargel. Bei der Sorte 'Huchels Schneewittchen' fallen die Ergebnisse jedoch deutlicher als im Vorjahr aus.

Insgesamt ist festzustellen, daß, wie auch schon bei den Ergebnissen zu den Apfel- und Weinsäuregehalte, die Zitronensäurewerte der Spargelsorte 'Huchels Schneewittchen' immer über denen von 'Gijnlim' liegen. Sowohl im Erntejahr 1999 mit 2 Ernteterminen als auch in den darauffolgenden Jahren ist das der Fall.

5.2.2 Aminosäuregehalte

Die Analyse der Aminosäuregehalte unter besonderer Berücksichtigung der essentiellen Aminosäuren führte zu den Ergebnissen, die in den Abbildungen 37 und 38 für die Spargelproben zum Erntezeitpunkt (Kontrolle) des Versuchsjahres 2000 dargestellt sind.

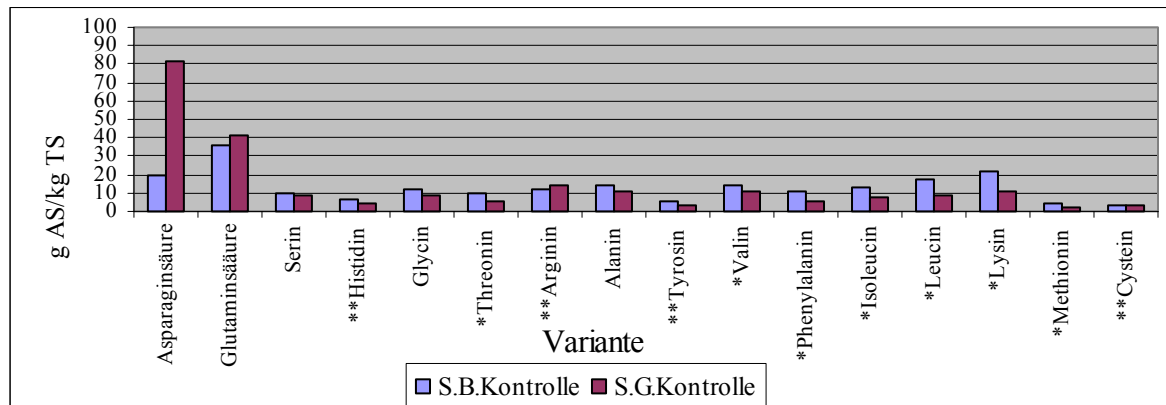
Abb. 37: Aminosäuregehalt von Bleich- und Grünspargel der Sorte 'Gijnlim' (Versuchsjahr 2000)



* = essentielle Aminosäuren; ** = halbessentielle Aminosäuren

Der Glutaminsäuregehalt ist von allen untersuchten Aminosäuren der höchste, wobei der Wert von Grünspargel etwas über dem von Bleichspargel liegt. Er wird gefolgt von Asparaginsäure (Abb. 37). Hier liegt jedoch der Bleichspargelwert deutlich über dem von Grünspargel. Auch bei Glycin und Alanin liegt der Bleichspargelwert über dem von Grünspargel. Bei Arginin, Tyrosin, Valin, Phenylalanin, Isoleucin, Leucin und Lysin ist dagegen der Grünspargelwert in der Tendenz höher. Serin, Histidin, Methionin und Cystein enthalten Bleich- und Grünspargelstangen etwa in gleicher Höhe (Abb. 37). Die essentielle Aminosäure Tryptophan enthalten Bleich- und Grünspargel nicht.

Abb. 38: Aminosäuregehalt von Bleich- und Grünspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2000)



Der Asparaginsäuregehalt im Grünspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' ist mit über 80g/kg TS der höchste insgesamt und wesentlich höher im Vergleich zum Bleichspargel (Abb.38). Der Glutaminsäure- und Arginin- Wert ist wiederum vom Grünspargel höher als beim Bleichspargel. Ansonsten liegen bei dieser Sorte bis auf Cystein und Serin alle Bleichspargelwerte über denen von Grünspargel.

Vergleicht man die Meßergebnisse der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' so sticht das Ergebnis der Asparaginsäure beim Grünspargel 'Huchels Schneewittchen' ins Auge. Es liegt viermal so hoch im Vergleich zum Ergebnis der Sorte 'Gijnlim'. Bei letzterer ist der Bleichspargelwert höher. Doch dieser Wert ist nicht einmal halb so hoch wie das Grünspargelergebnis der anderen Sorte.

Vergleicht man die Resultate der Glutaminsäure zwischen den beiden Sorten sind die Verhältnisse ähnlich. Bei beiden ist der Grünspargelwert höher als der Bleichspargelwert. Das gleiche trifft auf die in wesentlich geringeren Mengen vorhandenen Aminosäuren Serin, Glycin, Arginin, Alanin und Cystein zu.

Bei Histidin liegt das Ergebnis bei beiden Sorten unter 10 g/kg TS, wobei die Werte bei Bleich- und Grünspargel der Sorte 'Gijnlim' etwa gleich sind. Bei der Sorte 'Huchels Schneewittchen' ist der Bleichspargelwert geringfügig höher. Auch bei Threonin finden sich ähnliche Verhältnisse. Bei 'Gijnlim' sind die Werte bei Bleich- und Grünspargel fast gleich.

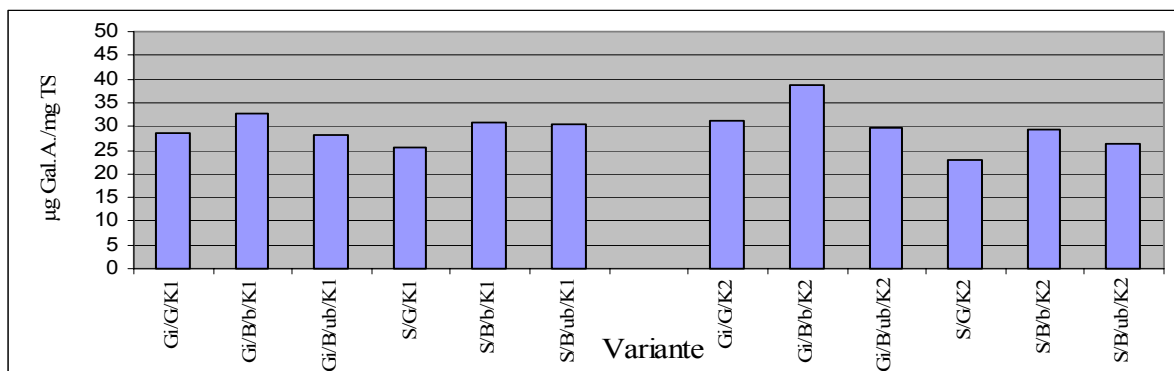
Umgekehrt verhalten sich die Ergebnisse von Valin, Phenylalanin, Isoleucin, Leucin, Lysin und Methionin. Hier fällt auf, dass der Bleichspargelwert bei der Sorte 'Huchels Schneewittchen' immer über dem des Grünspargels liegt. Beim Bleich- und Grünspargel der Sorte 'Gijnlim' ist das Ergebnis genau anders, hier ist der Grünspargelwert der höhere. Die Sorte und die Anbauform beeinflussen die Aminosäuregehalte bei Spargel also recht

charakteristisch. Über Veränderungen dieser Inhaltsstoffgruppe bei Spargel durch Lagerung wird in den Abschnitten 5.3.2.2 und 5.4.2.2 berichtet.

5.2.3 Pektingehalte

Die Meßergebnisse zu den Gesamtpektingehalten der verschiedenen Spargelproben- ausgedrückt in µg Galakturonsäure je mg Trockensubstanz- enthalten die Abbildungen 39 bis 41.

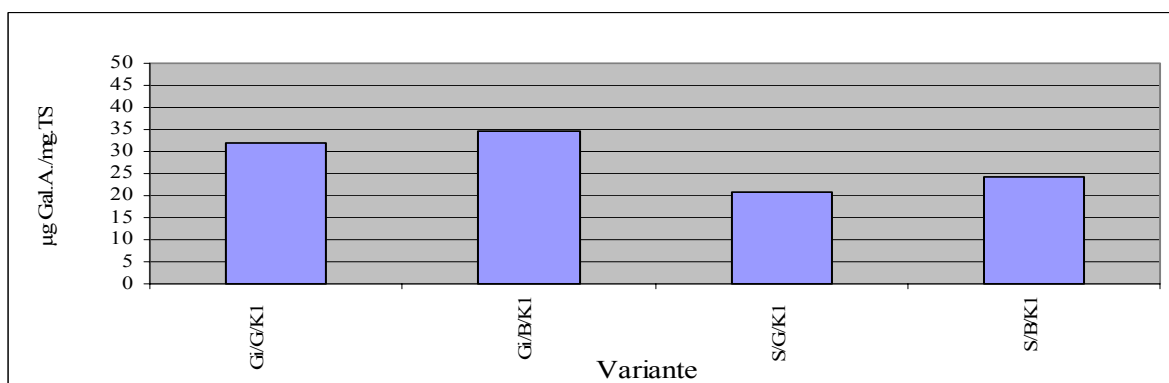
Abb.39: Pektingehalt von Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 1999), 2 Serien



GD 5% : 5,91

Bei beiden Serien hat der bedeckte Bleichspargel der Sorte 'Gijnlim' den höchsten Pektingehalt. Ein gleiches Ergebnis ist auch bei bedecktem Bleichspargel von 'Huchels Schneewittchen' festzustellen, wobei bei der 1. Serie der unbedeckte Bleichspargel ein fast identisches Ergebnis aufweist. Ansonsten liegen die Werte bei unbedecktem Bleichspargel von 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' unter denen der bedeckten Varianten. Grünspargel beider Sorten und Serien hat einen immer deutlich niedrigeren Pektingehalt als Bleichspargel.

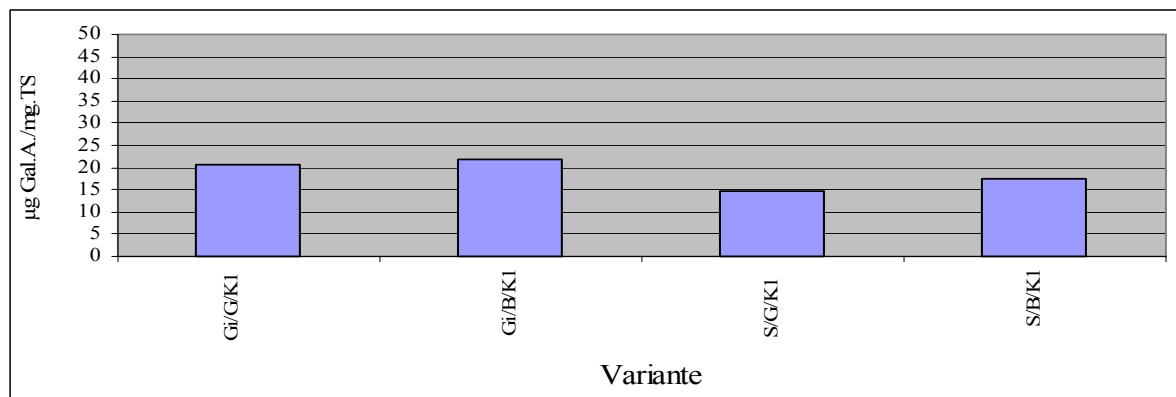
Abb. 40: Pektingehalt von Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2000)



Die Ergebnisse nach der Ernte im Jahre 2000 zeigen, daß Grün- und Bleichspargelstangen der Sorte 'Gijnlim' einen deutlich höheren Pektingehalt aufweisen, wobei der Wert bei Bleichspargel der größere ist. Beim Bleich- und Grünspar gel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' sind die Pektingehalte gegenüber 'Gijnlim' also wesentlich niedriger und auch hier enthält Bleichspargel mehr Pektin als Grünspar gel.

Die gleichen Tendenzen ergeben sich im Versuchsjahr 2001 (Abb.41). Das Niveau der Meßwerte liegt aber generell unter dem des Vorjahres.

Abb. 41: Pektingehalt von Bleich- und Grünspar gel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' (Versuchsjahr 2001)



Zusammenfassend ist festzustellen, daß in allen Versuchsjahren der Pektingehalt der Sorte 'Huchels Schneewittchen' bei Bleich- und Grünspar gel niedriger ist als bei 'Gijnlim', wobei die Werte der einzelnen Jahre unterschiedlich sind. Auffallend ist, daß die Ergebnisse im Jahr 2001 bei beiden Spargelsorten deutlich geringer ausfallen als in den beiden Vorjahren.

5.2.4. Diskussion der Ergebnisse zur inneren Qualität von Spargelstangen

Die Trockensubstanzwerte nach der Ernte schwankten zwischen 6- 7,8% (Abb.22- 24), die Zuckergehalte beider Spargelsorten lagen zwischen 4,3- 7,1% (Abb. 25- 27), die Apfelsäurewerte zwischen 0,09- 0,19% (Abb. 28- 30), bei der Weinsäure lagen die Messergebnisse zwischen 0,1- 0,16% (Abb. 31- 33) und für Zitronensäure zwischen 0,08- 0,18% (Abb. 34- 36).

Die Aminosäureergebnisse lagen nach der Ernte im Jahre 2001 bei 'Gijnlim' bei 40g/kg TS der Glutaminsäure und 34g/kg TS der Asparaginsäure. Alle anderen proteinogenen Aminosäuren lagen zwischen 5g/kg TS und 21 g/kg TS. Bei 'Huchels Schneewittchen' war der Asparaginsäure- Wert mit 82g/kg TS beim Grünspar gel besonders hoch. Das Bleichspargelerg ebnis war nicht einmal halb so hoch. Die Glutaminsäure erreichte einen Wert

von 40g/kg TS. Der Pektingehalt lag zwischen 15-38 μg GAl. A./ mg und nahm mit jedem Erntejahr etwas ab (Abb.39- 41). Die Ergebnisse zu Inhaltsstoffgehalten frisch geernteten Spargels zeigen teilweise erhebliche Unterschiede zwischen Grün- und Bleichspargel und in einigen Fällen auch sortentypisches Verhalten. Glutaminsäure und Asparaginsäure sind die bestimmenden Aminosäuren im Spargel, der fast alle essentiellen und halbessentiellen Aminosäuren enthält. Zucker und Säuren bestimmen wesentlich den Geschmack von Grün- und Bleichspargel. Die ungünstigeren Wachstumsbedingungen 1999 (1. Serie) führten zu vergleichsweise höheren Zuckergehalten. Die Sorte 'Huchels Schneewittchen' weist höhere Säuregehalte auf als 'Gijnlim'. In einem Experiment von Hurst u.a. (1998) wurden Spargelstangen bei 5, 10, 15 und 20°C für bis zu 48 (12, 24, 48) Stunden gelagert. Die Asparaginsäure nahm während der Lagerzeit immer mehr zu und erreichte nach der 48-stündigen Lagerzeit den höchsten Wert. Es gab ein stark quadratisches Verhältnis zwischen dem Gehalt an Asparaginsäure in den Spargelköpfen, der Temperatur und dem Aminosäuregehalt. Letzterer war allerdings sortenabhängig. Die Asparaginsäurekonzentration in den Spargelköpfen kann so als Frischemerkmal dienen (je niedriger der Gehalt an Asparaginsäure desto frischer ist der Spargel). Allerdings sagt das Experiment nichts über das Versuchsmaterial- ob es sich um Bleich- oder Grünspargel handelt und von welcher Sorte es stammt- aus.

Der Stickstoffstoffwechsel der Spargelstangen ändert sich erheblich, während sich das Gewebe nach der Ernte schnell verschlechtert. Es zeigt sich, dass die Cystein Glutaminsynthase Tätigkeit während der Nachernteperiode erhöht ist und wahrscheinlich eine kritische Eigenschaft in der Physiologie der geernteten Spargelköpfe hat (Downs u.a. 1994).

5.3 Wirkung der Kühllagerung auf Qualitätsmerkmale

5.3.1 Visuelle Qualität

Im 3. Erntejahr 1999 wurden Spargelstangen der Klassen Extra und I beider Sorten ('Gijnlim', 'Huchels Schneewittchen') als Proben für die Kühllagerung geerntet, wobei es sich beim Bleichspargel um Stangen aus bedecktem und unbedecktem Anbau handelte. Grün- und Bleichspargel wurden anschließend zu je 1 kg Bündel gewogen. Die Proben wurden dann für zwei Wochen in einem Kaltlagerraum bei 2 bis 4°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit über 95 % gelagert.

Die Einschätzung äußerer Qualitätsmerkmale bei der Auslagerung enthält die Tab.13.

Tab. 13: Äußere Qualitätsmerkmale von Spargelstangen nach zweiwöchiger Kühllagerung (1999) – visuelle Einschätzung

	Gijnlim B.b.	Gijnlim B.ub	Gijnlim G.	Schnee- wittchen B.b	Schnee- wittchen B.ub	Schnee- wittchen G.
<u>Rosa bisViolette Farbe</u> s. kräftig kräftig mittel schwach	x	x	x			
<u>Welke</u> s. kräftig kräftig mittel schwach		x	x	x	x	x
<u>Berostung</u> viel mittel wenig	x	x		x	x	
<u>Verholzung</u> viel mittel wenig	x	x	x		x	
<u>Aufblühen</u> viel wenig			x			x

Nach zwei Wochen Kühllagerung konnte man bei der Sorte `Gijnlim` eine rosa- violette Farbveränderung der Spargelköpfe erkennen. Diese variierte zwischen sehr kräftig ausgebildet beim Grünspargel über kräftig bis schwach beim Bleichspargel. Bei der Sorte `Huchels Schneewittchen` konnten visuell keine Farbveränderungen festgestellt werden. Fast alle Partien zeigten Welkeerscheinungen, bei Bleichspargel unbedeckt `Gijnlim` sogar sehr kräftig. Bei allen Spargelstangen trat wenig bis mittel Berostung auf. Beim `Gijnlim` ist eine Verholzung und bei Grünspargel beider Sorten ein geringes Aufblühen der Spargelspitze erkennbar. Besser schnitt bei den letztgenannten Merkmalen der Spargel der Sorte `Huchels Schneewittchen` ab (Tab.13). Allgemein ist festzustellen, daß die Sorte `Huchels Schneewittchen` beim Bleich- sowie Grünspargel gegenüber `Gijnlim` besser abschneidet und für eine längere Kühllagerung geeigneter ist.

Im Jahr 2000 wurden nochmals Spargelstangen beider Sorten (`Gijnlim`, `Huchels Schneewittchen`) als Proben für die Kühllagerung geerntet. Grün- und Bleichspargel wurden anschließend zu je 1 kg Bündeln gewogen. Die Proben wurden danach für zwei Wochen in einem Kühllageraum bei Temperaturen von 5°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit über 90 % gelagert, also bei etwas höherer Temperatur und etwas niedrigerer relativer Luftfeuchtigkeit als 1999 aufbewahrt.

In der Tabelle 14 ist die Beurteilung äußerer Qualitätsmerkmale der Spargelstangen bei der Auslagerung enthalten.

Tab. 14: Äußere Qualitätsmerkmale von Spargelstangen nach zweiwöchiger Kühlagerung (2000) – visuelle Einschätzung

	Gijnlim B	Gijnlim G	Schneewittchen B	Schneewittchen G
<u>Violette Farbe</u> s. kräftig kräftig mittel schwach	x	x	x	
<u>Welke</u> s. kräftig kräftig mittel schwach	x	x	x	x
<u>Berostung</u> viel mittel wenig				
<u>Verholzung</u> viel mittel wenig		x		
<u>Aufblühen</u> viel wenig				

Beim Bleich- und Grünspargel der Sorte `Gijnlim` haben sich die Stangen von der Spitze bis zur Stangenmitte zu über 90 % sehr stark violett verfärbt. Die Welke der Stangen dieser Sorte fiel schwach aus (ca.5 %). Betroffen waren davon nur die dünneren Stangen. Die Verholzung der Grünspargelproben von `Gijnlim` lag ebenfalls bei etwa 5 %. Berostung sowie Aufblühen der Stangenspitzen traten nicht auf. Beim Bleichspargel der Sorte `Huchels Schneewittchen` konnte man nur eine schwache violette Verfärbung der Stangen feststellen (1-2 %). Grünspargel der gleichen Sorte zeigte keine Veränderung in der Stangenfärbung. Von Welke waren beide Spargelproben, beim Bleichspargel etwa 10 % der dünneren Stangen betroffen. Bei beiden Varianten konnten weder Berostung, noch ein Aufblühen der Köpfe oder ein Verholzen der Stangenenden analysiert werden.

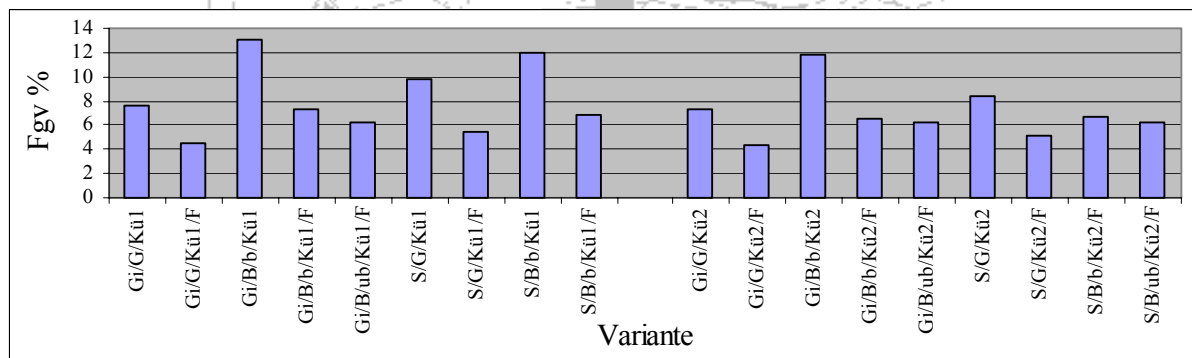
5.3.2 Innere Qualität

Während der Lagerung der Spargelstangen verändert sich die Qualität des Lagerguts. Es ist wichtig, die optimalen Lagerbedingungen zu finden, um die physiologischen Veränderungen, die zur Qualitätsminderung beitragen, so gering wie möglich zu halten. Eine der negativen Qualitätsminderungen ist das Verholzen und Bastigwerden, das durch Lignifizierung und Wasserverlust auftritt. Es wird durch Enzyme wie Phenylalaninammoniak- Lyase, Peroxydase und Isoperoxydasen gesteuert. Angeregt werden die Enzyme durch Temperatur und Licht. Ist dies bekannt, kann man der Verholzung erfolgreich entgegen wirken. Weitere Veränderungen während der Lagerung neben dem Wasserverlust und Verholzen ist die Änderung in der Ascorbinsäure, der Kohlenhydrate, Proteine und Aminosäuren (Chang 1987). Letztere Inhaltsstoffe sowie Apfel-, Zitronen- und Weinsäure und Gesamtpektin wurden untersucht.

5.3.2.1 Frischgewichtverlust, Trockensubstanzgehalt, Zucker- und Säureverhältnisse

Die ermittelten Frischgewichtverluste am Ende der jeweils 2-wöchigen Kühllagerung 1999 sind in der Abb. 42 dargestellt.

Abb. 42: Frischgewichtverlust durch Kühllagerung bei Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' verschiedener Varianten (Versuchsjahr 1999), 2 Serien



GD 5% : 0,8

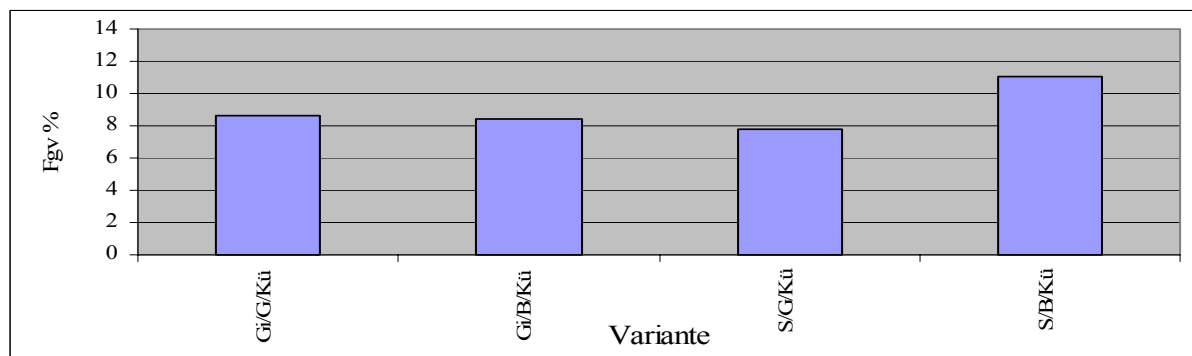
Die ermittelten Frischgewichtverluste sind in der Tendenz ähnlich bei beiden Serien und unabhängig von den Varianten beim ersten Erntetermin häufig etwas höher als beim zweiten Erntetermin. Auffallend sind die hohen Frischgewichtverluste bei Bleichspargel aus dem bedeckten Anbau der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen'. Den vergleichsweise besonders in der ersten Serie niedrigen Wasserverlust hatten immer die in perforierte Folie gewickelten Stangen, egal ob Grün- oder Bleichspargel.

Ebenso auffallend ist das Ergebnis beim Grünspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' der ersten Serie. Hier hat der Grünspargel gegenüber dem in perforierter Folie verpackten

Grünpargel einen über 4% höheren Frischgewichtsverlust. Bei der zweiten Serie fällt der Unterschied nicht ganz so hoch aus. Vergleicht man den bedeckten Bleichspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' der ersten Serie mit dem bedeckten und in Folie verpackten Bleichspargel der selben Sorte der zweiten Serie, so stellt man den größten Frischgewichtsverlust mit über 5% insgesamt fest.

Die Ergebnisse zum Frischgewichtsverlust durch 2-wöchige Kühlagerung im Jahre 2000- mit wesentlich eingeschränkter Variantenwahl- sind in der Abb.43 dargestellt.

Abb. 43: Frischgewichtsverlust durch Kühlagerung bei Bleich- und Grünpargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' verschiedener Varianten (Versuchsjahr 2000)

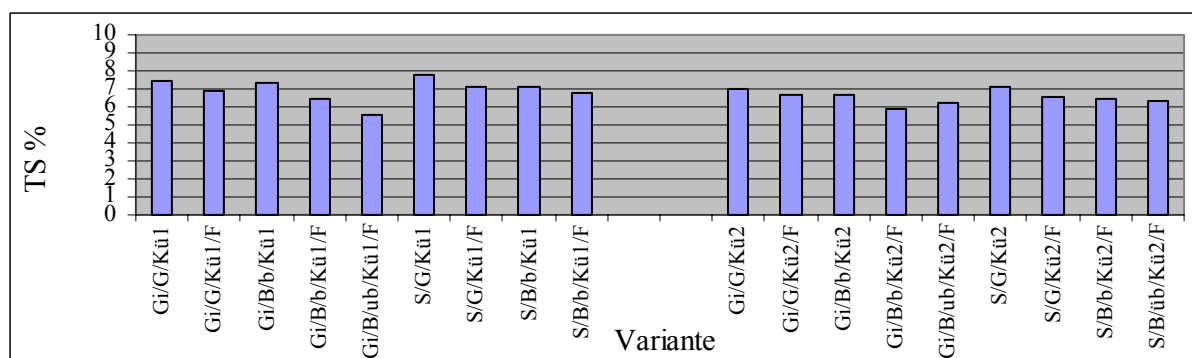


GD 5% : 2,1

Bei der Sorte 'Gijnlim' liegt der Frischgewichtsverlust von Grünpargel nur minimal über dem von Bleichspargel. Bei der Sorte 'Huchels Schneewittchen' ist der Frischgewichtsverlust von Bleichspargel der höchste insgesamt und liegt mit über 3,3% deutlich über dem Ergebnis von Grünpargel. Eine nicht ganz so hohe Differenz liegt zwischen dem Bleichspargel beider Sorten.

Die TS- Gehalte der Spargelproben nach je 2-wöchiger Kühlagerung in den beiden Untersuchungsjahren sind in den Abb. 44 und 45 dargestellt.

Abb.44: Trockensubstanzgehalt nach Kühlagerung bei Bleich- und Grünpargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' und verschiedener Varianten im Jahre 1999- 2 Serien

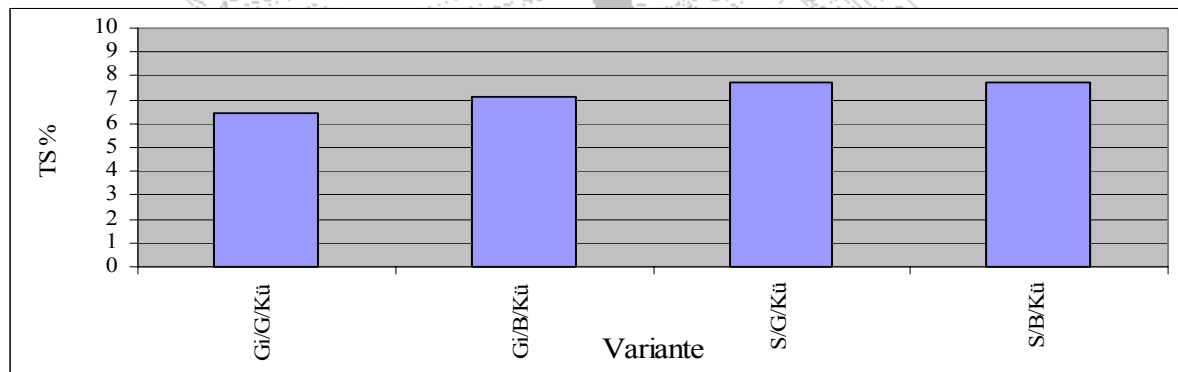


GD 5% : 0,6

Die Ergebnisse der Trockensubstanzgehalte sind in der Tendenz bei beiden Serien und unabhängig von den Varianten ähnlich. Den höchsten Trockensubstanzgehalt der ersten Serie weist der Grünspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' auf. Bei der Sorte 'Gijnlim' hat ebenfalls der Grünspargel statistisch gesichert bzw. in der Tendenz den höchsten Trockensubstanzgehalt. Gleich auf liegen die Trockensubstanzwerte von bedecktem Bleichspargel der Sorte 'Gijnlim' und Varianten Grünspargel in perforierte Folie verpackt und Bleichspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen'. Den niedrigsten TS- Wert insgesamt findet man auch in der ersten Serie: Es ist unbedeckter und in Folie gewickelter Bleichspargel von 'Gijnlim'.

In der zweiten Serie hat ebenfalls der Grünspargel 'Huchels Schneewittchen' den größten TS-Gehalt. Ähnlich ist das Ergebnis bei Grünspargel der Sorte 'Gijnlim' (Abb.44). Ebenfalls dicht beieinander liegen die Werte beim in perforierte Folie gepackten Grünspargel beider Sorten sowie die in Folie gewickelten bedeckten und unbedeckten Bleichspargelstangen der Sorte 'Huchels Schneewittchen'. Insgesamt ist festzustellen, daß die in perforierte Folie verpackten Varianten beider Sorten die niedrigsten Trockensubstanzgehalte besitzen.

Abb. 45: Trockensubstanzgehalt nach Kühlagerung bei Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' verschiedener Varianten im Jahr 2000



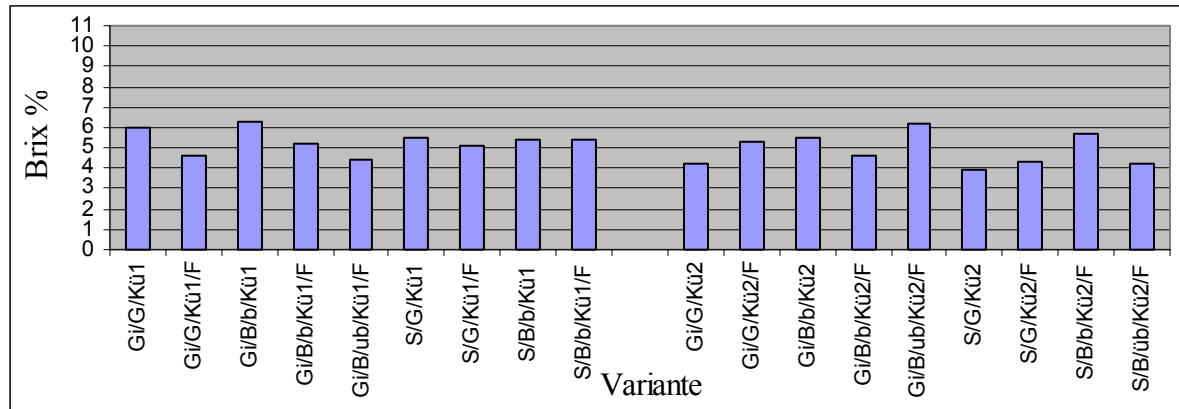
GD 5% : 0,2

Nach der 2-wöchigen Kühlagerung im Jahre 2000 ist der Trockensubstanzwert von Grünspargel 'Gijnlim' der niedrigste insgesamt und liegt mit 6,5% unter dem ermittelten Durchschnittswert von 7,2%. Etwas höher fällt das Ergebnis beim Bleichspargel aus. Hier liegt der TS- Wert mit 7,1% nur ganz knapp unter dem Durchschnittswert.

Bei der Sorte 'Huchels Schneewittchen' ist der Bleichspargelwert gegenüber dem Grünspargelergebnis ebenfalls größer, wenn auch nur minimal. Vergleicht man die Proben beider Spargelsorten miteinander, so sind die Trockensubstanzgehalte von 'Huchels Schneewittchen' insgesamt höher.

Die Zuckergehalte der Spargelproben nach 2-wöchiger Kühlagerung in den beiden Versuchsjahren sind in den Abb. 46 und 47 dargestellt.

Abb.46: Zuckergehalt nach 2-wöchiger Kühlagerung bei Bleich- und Grünspargel und verschiedenen Varianten im Jahr 1999, 2 Serien



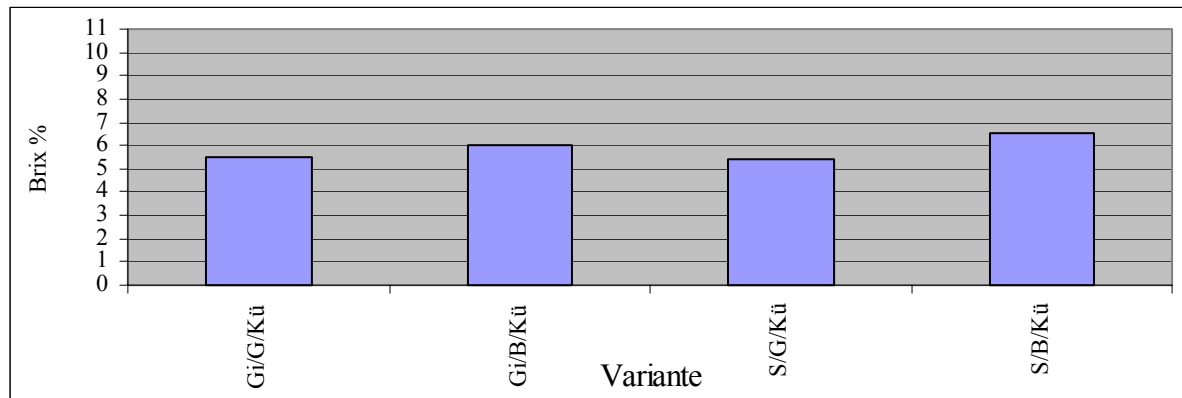
GD 5% : 0,2

Bei der ersten Serie ist das Ergebnis der Sorte 'Huchels Schneewittchen' bei den Varianten Grünspargel, bedeckter Bleichspargel und der in Folie gewickelte und unbedeckte Bleichspargel fast identisch. Lediglich der in Folie verpackte Grünspargel dieser Sorte hat einen minimal geringeren Zuckergehalt. Bei der Sorte 'Gijnlim' der gleichen Serie fallen die Ergebnisse wesentlich unterschiedlicher aus. So hat der in Folie gepackte Grünspargel einen deutlich niedrigeren Zuckergehalt als der Grünspargel ohne Folie. Beim Bleichspargel ist ein ähnliches Ergebnis zu sehen. Hier liegt ebenfalls der bedeckte Bleichspargel im Zuckergehalt über dem bedeckten Bleichspargel mit Folie. Der unbedeckte Bleichspargel mit Folie verpackt weist im Vergleich mit dem bedeckten folienverpackten Bleichspargel selber Sorte einen nochmals geringeren Zuckergehalt auf (Abb.46).

Bei der zweiten Serie ist das Ergebnis der Sorte 'Huchels Schneewittchen' in den Varianten recht unterschiedlich und im Vergleich mit der ersten Serie weniger harmonisch. Den niedrigsten Zuckergehalt hat Grünspargel (bei der ersten Serie war dies der höchste Wert). Etwas höher im Ergebnis liegt der in Folie verpackte Grünspargel. Den höchsten Zuckergehalt weisen die Stangen aus dem bedeckten Bleichspargelanbau auf (Abb 46).

Bei der Sorte 'Gijnlim' der gleichen Serie ist das Ergebnis beim Grünspargel mit und ohne Folie verpackt genau anders gegenüber der ersten Serie. Hier hat der in Folie verpackte Grünspargel den höheren Zuckergehalt. Umgekehrt ist das Ergebnis beim bedeckten Bleichspargel. Hier liegt der Zuckergehalt vom unverpackten Bleichspargel über der in Folie verpackten Variante.

Abb.47: Zuckergehalt nach 2-wöchiger Kühlagerung bei Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' und verschiedenen Varianten im Jahr 2000

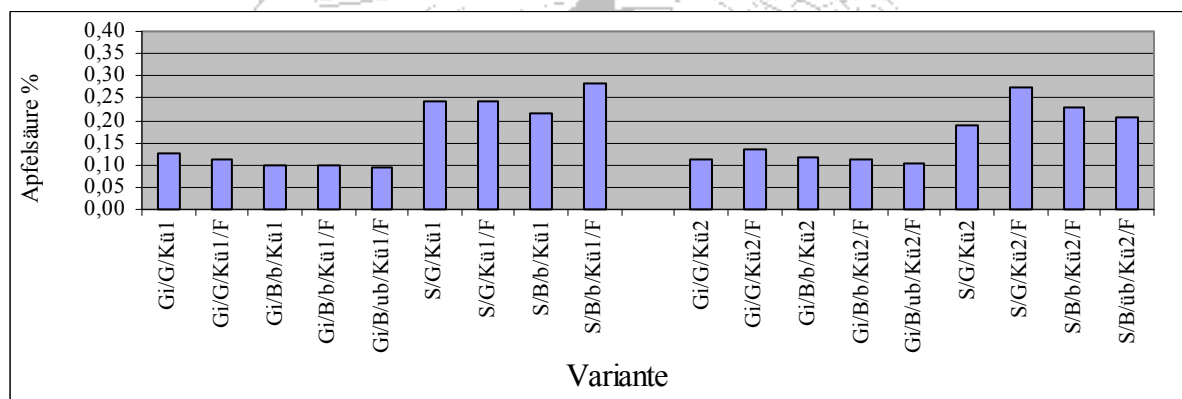


GD 5% : 0,06

Nach 2-wöchiger Kühlagerung im Jahre 2000 liegen die Bleichspargelstangenergebnisse der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' über denen von Grünspargel- ähnlich wie bei der 2. Serie 1999. Den niedrigsten Wert hat Grünspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen'. Er liegt mit 5,4% etwas unter dem Durchschnittswert von 5,9%.

Die Apfelsäuregehalte der Spargelproben nach 2-wöchiger Kühlagerung sind für die beiden Versuchsjahre in den Abb. 48 und 49 dargestellt.

Abb.48: Apfelsäuregehalt nach 2-wöchiger Kühlagerung der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' verschiedener Varianten im Jahr 1999, 2 Serien



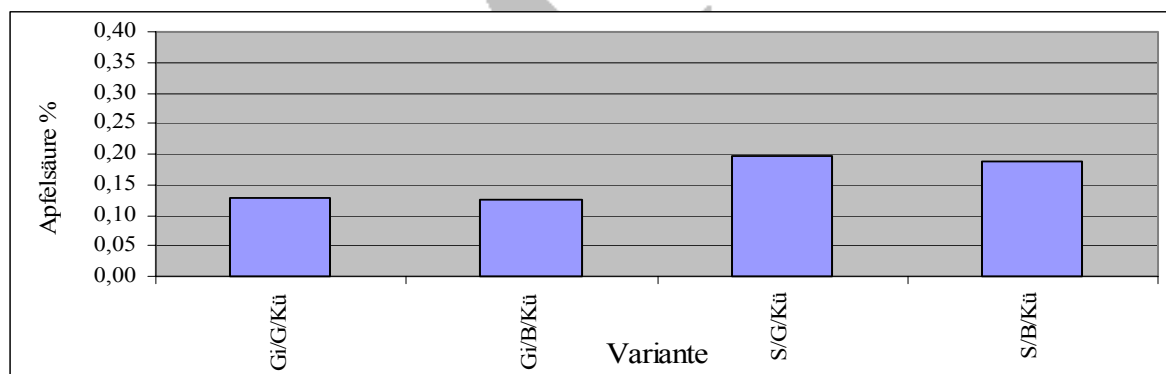
Vergleicht man die Apfelsäurewerte beim ersten Erntetermin von 'Gijnlim' Grünspargel mit und ohne Folie, Bleichspargel bedeckt mit und ohne Folie und 'Huchels Schneewittchen' Grünspargel mit und ohne Folie so fällt auf, daß die Ergebnisse fast identisch sind. Eine Ausnahme bildet lediglich 'Gijnlim' Grünspargel ohne Folie. Hier ist der Wert minimal größer, was jedoch nicht auf die Folienvorpackung zurückzuführen ist, denn bei 'Gijnlim' Bleichspargel und 'Huchels Schneewittchen' Grünspargel, jeweils mit und ohne Folie sind die Werte stets gleich. Sehr unterschiedlich ist das Ergebnis zwischen 'Huchels

Schneewittchen` Bleichspargel bedeckt mit und ohne Folie: der folienverpackte Spargel hat einen wesentlich höheren Wert.

Sieht man sich die Resultate des zweiten Erntetermins an, so kann man auch hier nicht klar erkennen, daß der höhere Apfelsäurewert mit der Folienverpackung zusammenhängt. Bei `Gijnlim` Grünspargel mit Folie ist der Wert größer als bei unverpacktem Grünspargel. Beim ersten Erntetermin verhält es sich genau umgekehrt. Sieht man sich die insgesamt höchsten Apfelsäurewerte beider Erntetermine an, so ist der bedeckte Bleichspargel der Sorte `Huchels Schneewittchen` genauso hoch wie Grünspargel gleicher Sorte mit Folie.

Bei beiden Serien schwanken die Einzelwerte in einer Variante sehr (Abb. 48), sodaß nur den Sortenunterschieden eine größere Aussagekraft zukommt.

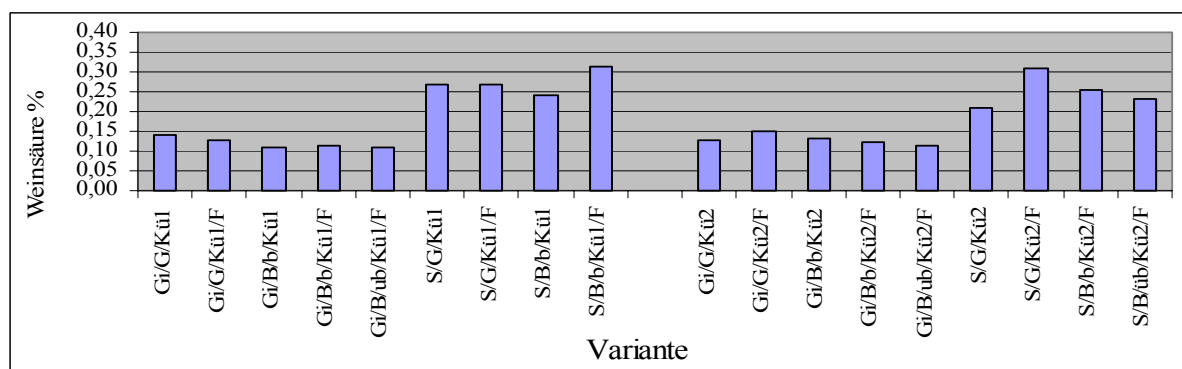
Abb.49: Apfelsäuregehalt nach 2-wöchiger Kühllagerung der Spargelsorten `Gijnlim` und `Huchels Schneewittchen` im Jahr 2000



Die Apfelsäurewerte nach zweiwöchiger Kühllagerung von `Gijnlim` Grün- und Bleichspargel sind nur geringfügig unterschiedlich und liegen deutlich unter denen der Sorte `Huchels Schneewittchen`, die ebenfalls untereinander ähnliche Ergebnisse zeigen (Abb.49).

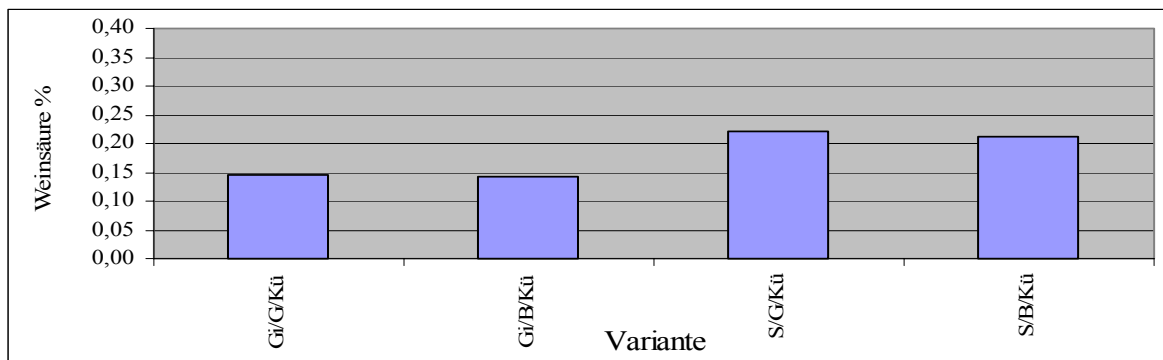
Die Weinsäuregehalte der Spargelproben nach 2-wöchiger Kühllagerung sind für die beiden Versuchsjahre in den Abb. 50 und 51 dargestellt.

Abb.50: Weinsäuregehalt der Spargelsorten `Gijnlim` und `Huchels Schneewittchen` nach 2-wöchiger Kühllagerung im Jahr 1999- 2 Serien



Die Weinsäurewerte liegen bei beiden Ernteterminen beim Bleich- sowie Grünspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' sehr deutlich über denen der Bleich- und Grünspargelstangen der Sorte 'Gijnlim'. Auch hier ergibt sich keine klare Aussage über folienverpackte und unverpackte Stangen 'Gijnlim'. Bei der Sorte 'Huchels Schneewittchen' führte die Folienverpackung in beiden Serien zu höheren Weinsäurewerten (Abb. 50).

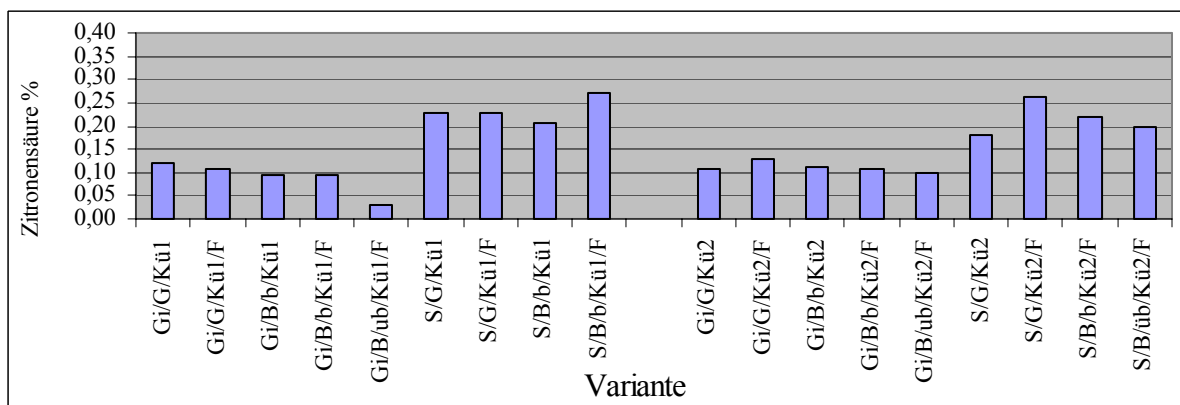
Abb.51: Weinsäuregehalt der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' im Jahr 2000 nach 2-wöchiger Kühllagerung



Im Jahr 2000 ist der Weinsäurewert von 'Gijnlim' Grün- und Bleichspargel etwa gleich hoch und liegt mit 0,14% etwas unter dem Durchschnittswert von 0,18% und dem der Sorte 'Huchels Schneewittchen'. Bei letzterer Sorte ist der Grünspargelwert etwas größer. Die Schwankungsbreite der Analysenergebnisse/ Variante ist wiederum recht hoch.

Die Zitronensäuregehalte der Spargelproben nach 2-wöchiger Kühllagerung sind für 2 Versuchsjahre in den Abb. 52 und 53 dargestellt.

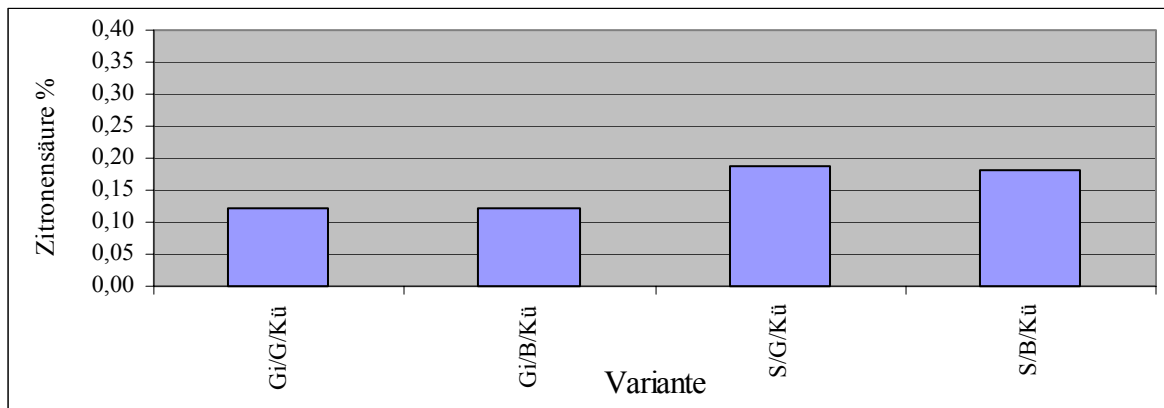
Abb.52: Zitronensäuregehalt der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' nach 2-wöchiger Kühllagerung und verschiedener Varianten im Jahr 1999- 2 Serien



Wie auch schon bei der Weinsäure liegen bei der Zitronensäure bei beiden Ernteterminen von Bleich- und Grünspargel die Ergebnisse der Sorte 'Huchels Schneewittchen' wesentlich höher

als bei 'Gijnlim'. Auffallend beim ersten Erntetermin ist der sehr niedrige und mit 0,029% weit unter dem Durchschnittswert von 0,155% liegende Zitronensäurewert von unbedecktem und in Folie verpacktem Bleichspargel der Sorte 'Gijnlim' (Abb. 52).

Abb.53: Zitronensäuregehalt der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' nach 2-wöchiger Kühllagerung im Jahr 2000

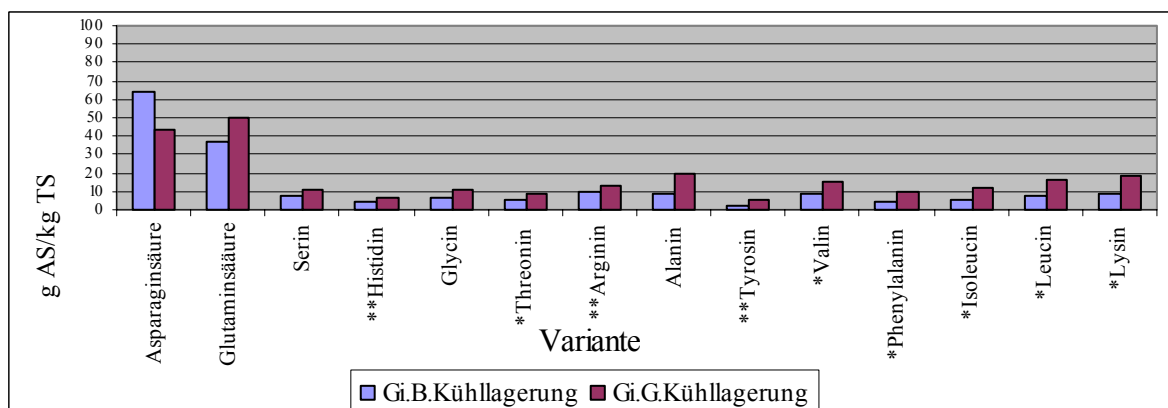


Bleich- und Grünspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' enthalten auch im Versuchsjahr 2000 wesentlich mehr Zitronensäure als Bleich- und Grünspargel der Sorte 'Gijnlim'. Die Ergebnisse von 'Gijnlim' Bleich- und Grünspargel sind nahezu identisch. Bei 'Huchels Schneewittchen' ist der Grünspargelwert minimal höher. Besonders im Jahr 1999 ist die Schwankungsbreite der Einzelwerte bei den Varianten hoch.

5.3.2.2 Aminosäurestatus

In der Abb.54 wird der Gehalt an Aminosäuren in den Bleich und Grünspargelstangen der Sorte 'Gijnlim' nach 2-wöchiger Kühllagerung im Jahr 2000 dargestellt.

Abb.54: Aminosäuregehalt von Bleich- und Grünspargelstangen der Sorte 'Gijnlim' nach 2-wöchiger Kühllagerung (Versuchsjahr 2000) (ohne Methionin und Cystein)



Nur bei der Asparaginsäure ist der Gehalt bei Bleichspargel 'Gijnlim' höher als beim Grünspargel. Der Wert ist deutlich größer. Enger liegen die Werte von Bleich- und Grünspargel bei allen übrigen proteinogenen Aminosäuren zusammen, wobei jeweils der Grünspargelwert der höhere ist.

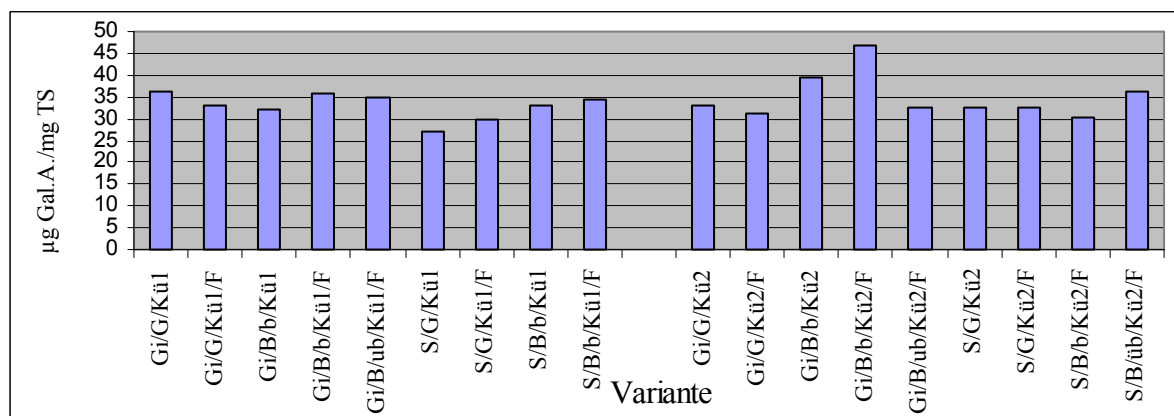
Vergleicht man die Aminosäuregehalte der Kontrolle (Abb.37) mit denen nach zweiwöchiger Kühlagerung von Grün- und Bleichspargel der Sorte 'Gijnlim', so fällt besonders auf, daß die Asparaginsäurewerte nach zweiwöchiger Kühlagerung fast doppelt so hoch sowohl beim Bleich- als auch beim Grünspargel liegen. Sie erhöhten sich um 29,4 g/ kg TS beim Bleichspargel und um 22,8 g/kg TS beim Grünspargel. Bei der Glutaminsäure blieb der Wert von Bleichspargel der Sorte 'Gijnlim' stabil, dagegen erhöhte sich der Gehalt beim Grünspargel um 10 g/kg TS nach zweiwöchiger Kühlagerung

Ferner findet man noch ein interessantes Ergebnis bei Alanin. Hier nahm der Bleichspargelwert nach der Kühlagerung um 11,1 g/kg TS ab. Der Grünspargelwert erhöhte sich dagegen um 4,5 g/kg TS. Insgesamt ist auffallend, daß sich die Bleichspargelwerte durch die Kühlagerung alle verringerten und die Grünspargelwerte zunahmen. Methionin und Cystein wurden nach der Kühlagerung nicht bestimmt.

5.3.2.3 Pektingehalte

Die Pektingehalte der Spargelproben nach 2-wöchiger Kühlagerung sind für die beiden Versuchsjahre in den Abb.55 und 56 dargestellt.

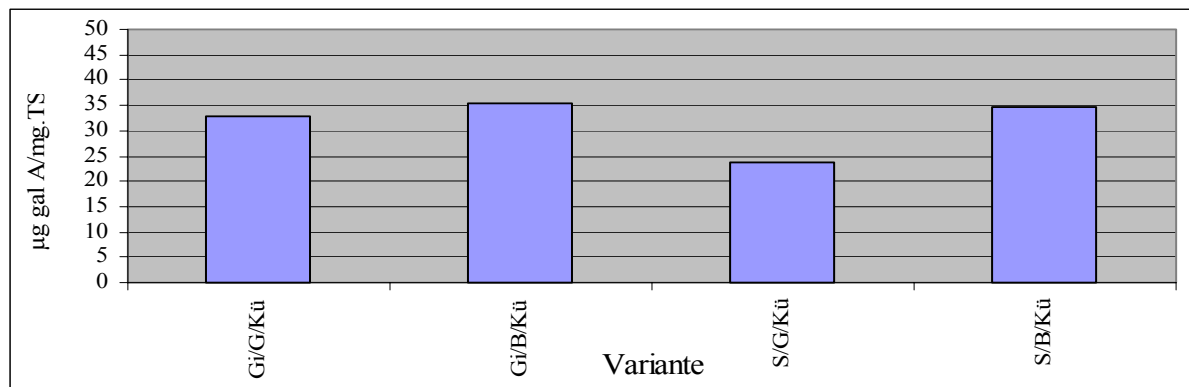
Abb.55: Pektingehalt von Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' nach 2-wöchiger Kühlagerung verschiedener Varianten im Jahre 1999- 2 Serien



Die Pektingehalte von Bleich- und Grünspargel der Sorte 'Gijnlim' sind im Jahre 1999 bei beiden Ernteterminen in der Tendenz höher als die Werte vom Spargel der Sorte 'Huchels

Schneewittchen`. Den höchsten Wert erzielte beim 2. Erntetermin der bedeckte Bleichspargel `Gijnlim`, der in Folie verpackt gelagert wurde. Er lag mit $47 \mu\text{g Gal. A./mg TS}$ deutlich über den Werten der anderen Varianten. Die gleiche Variante beim 1. Erntetermin kam nur auf knapp $35 \mu\text{g Gal. A./mg TS}$. Mit nur $27 \mu\text{g Gal. A./mg TS}$ ist das Ergebnis beim Grünsparigel der Sorte `Huchels Schneewittchen` vom 1. Erntetermin das niedrigste aller Varianten und liegt weit unter dem Durchschnittswert beider Serien von $33,9 \mu\text{g Gal. A./mg TS}$.

Abb.56: Pektingehalt von Bleich- und Grünsparigel der Sorten `Gijnlim` und `Huchels Schneewittchen` nach 2-wöchiger Kühllagerung im Jahre 2000



Nach 2-wöchiger Kühllagerung im Jahre 2000 waren die Ergebnisse bei Bleichspargel der Sorten `Gijnlim` und `Huchels Schneewittchen` beinahe identisch (Abb.56). Der Grünsparigelwert von `Gijnlim` lag nur etwas unter dem vom Bleichspargel. Deutlich niedriger fiel das Ergebnis vom Grünsparigel der Sorte `Huchels Schneewittchen` aus. Mit $23,83 \mu\text{g/mgTS}$ lag der Pektingehalt weit unter dem ermittelten Durchschnittswert von $31,64 \mu\text{g/mgTS}$.

Vergleicht man die Ergebnisse nach der Kühllagerung mit der Kontrolle im Jahr 2000, so sind die Werte bei `Gijnlim` Grün- und Bleichspargel fast gleich (Abb.40). Bei `Huchels Schneewittchen` Grünsparigel hat sich der Pektingehalt kaum, aber bei Bleichspargel um über $10 \mu\text{g/mgTS}$ erhöht.

5.3.2.4. Diskussion der Wirkung der Kühllagerung auf die visuellen Qualitätsmerkmale

Die äußeren Qualitätsmerkmale von Bleich- und Grünsparigelstangen der Sorten `Gijnlim` und `Huchels Schneewittchen` wurden nach 2-wöchiger Kühllagerung ausgewertet. Beim unbedeckten Bleichspargel der Sorte `Gijnlim` war eine sehr starke Farbveränderung an den Köpfen, die sich in einer kräftigen violetten Farbe zeigte, zu erkennen. Etwas weniger kräftig fiel die Farbe beim bedeckten Spargel gleicher Sorte aus. Auch die Welke fiel beim

unbedeckten Bleichspargel sehr kräftig aus. Die Berostung war mittel und die Verholzung am unteren Stangenende stark ausgeprägt. In der Tendenz besser fielen die Ergebnisse für bedeckten Bleichspargel aus. So war keine Welke festzustellen, die Berostung fiel schwach aus und die Verholzung war gering. Bei beiden Bleichspargelvarianten gab es kein Aufblühen der Köpfe. 'Gijnlim' Grünspargel zeigte nach der 2-wöchigen Kühllagerung eine kräftige violette Farbe an den Köpfen, eine mittlere Welke, wenig Verholzen am Stangenende und ein geringes Aufblühen der Spargelköpfe.

Wesentlich besser schnitt die anthocyanfreie Bleich- und Grünspargelsorte 'Huchels Schneewittchen' ab. Bei allen drei Varianten- bedeckter, unbedeckter Bleichspargel und Grünspargel- gab es keine Veränderung in der Farbe. Die Welke fiel beim Grünspargel und beim bedeckten Bleichspargel mittel und beim unbedeckten Bleichspargel schwach aus. Eine schwache Berostung gab es nur bei beiden Bleichspargelvarianten. Eine mittlere Verholzung trat nur beim unbedeckten Bleichspargel auf. Und wie schon beim Grünspargel der Sorte 'Gijnlim' gab es auch beim Grünspargel von 'Huchels Schneewittchen' ein geringes Aufblühen der Köpfe (Tab.13).

Im darauf folgenden Erntejahr (2000) wurde der Versuch nochmals wiederholt. Dieses Mal wurden jedoch nur Proben von bedecktem und unbedecktem Bleichspargel und Grünspargel beider Sorten verwendet. Insgesamt fielen die Ergebnisse gegenüber dem Jahr 1999 besser aus. Für keine der Varianten gab es ein Aufblühen der Köpfe oder Berostung der Stangen. Lediglich eine leichte Verholzung der Spargelstangenenden bei 'Gijnlim' Grünspargel war visuell zu erkennen. Die Welke fiel bei beiden Spargelsorten und Varianten gleich schwach aus, nur Bleichspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' zeigte eine mittlere Welke. Bei 'Gijnlim' Bleichspargel und Grünspargel konnte man nach der Kühllagerung eine kräftige violette Färbung der Köpfe erkennen, was zur wesentlichen Qualitätsminderung bei Bleichspargel und der Sortierung in eine nächst schlechtere Handelsklasse führen würde. Beim Bleichspargel von 'Huchels Schneewittchen' zeigte sich im Unterschied zum Vorjahr eine schwache violette Färbung der Köpfe.

Das deutlich bessere Ergebnis des Versuchs im Jahr 2000 hängt sicher mit der Qualität des Ausgangsmaterials für die Untersuchungen ab. So wurde für das Jahr 1999 Spargel der Versuchstation Zepernick verwendet und für das darauffolgende Jahr Spargel von Schlunkendorf aus dem Beelitzer Spargelbaugebiet. Die Qualität des Beelitzer Spargels entsprach fast ausschließlich der Handelsklasse Extra. Beim Versuchsmaterial aus Zepernick war die Qualitätsklasse I dominierend. Ein weiteres Kriterium spielen die witterungsbedingten Verhältnisse während der Ernteperiode. So lagen die Durchschnittstemperaturen für das Jahr

1999 bei etwa 18,6°C (Abb. 1.1 und 1.3) und für das Jahr 2000 bei 23,3 °C (Abb. 1.5 und 1.6).

Um den Qualitätsverlust so gering wie möglich zu halten und einen entscheidenden Einfluß auf die Frische und Haltbarkeit des Spargels, schon bei der Ernte, zu nehmen, ist es sehr empfehlenswert, bereits am Feldrand der Alterung des Spargels entgegenzuwirken. In einem Geisenheimer Versuch zeigte die holländische Sorte 'Backlim' bei Aufbewahrung in einem Isolierbehälter mit Brucheis oder in Wasser getaucht weniger Rotfärbung als in einer offenen Kiste am Feldrand (Clemens u. a., 2001). Es ist wichtig, den frisch gestochenen Spargel mit einem Tuch oder einem Deckel abzudecken, denn das Anthocyan in den Bleich- und Grünspargelstangen färbt die Spargelköpfe purpurrot (Siomos, 2001). Nur bei Lichtmangel tritt die Anthocycansynthese in den Stangen nicht auf. Sie müssten für mindestens 3 h dem Licht ausgesetzt werden, damit die Anthocycansynthese vor sich geht (Siomos u.a., 1995). So sollte man besonders den Bleichspargel immer dunkel und kühl lagern, um seine Qualität zu erhalten und seine Haltbarkeit zu verlängern.

Die Lagertemperatur und Kühlzeit beeinflussen die Qualität und Lagerfähigkeit des Spargels drastisch (Klieber u.a., 1992). Die 2-wöchige Kühlagerung bewirkte fast bei allen Proben Welke und bei 'Gijnlim' Verholzung. Ihnen muß durch Verpacken des Lagergutes in PE-Folien o.a. Material entgegengewirkt werden (Abb 42).

Bei zu jeweils 500 g in perforierte Folie verpackten Spargelbunden, die bei verschiedenen Temperaturen für 6 Tage gelagert wurden, entwickelte sich in Untersuchungen von Siomos u.a. (2000) eine Atmosphäre von 4.5- 6.9 % CO₂ und 3- 6.7 % O₂ in den ersten Stunden nach der Ernte und erreichte den Höchstwert mit 5.8- 9.8% CO₂ nach 8 Stunden, wohingegen das O₂ auf 0.7- 1% stark abnahm. Bei dieser Atmosphäre wurde die Anthocyaninsynthese (und der Ascorbinsäure- zusammenbruch) in den Spargelbunden während der 6-tägigen Lagerung unterdrückt. Bei einer Lagertemperatur von über 15°C verschlechterte sich die visuelle Qualität und es entwickelte sich ein strenger fauliger Geruch.

Die in den eigenen Untersuchungen gewählten Temperaturen von 2 bis 5°C bei einer relativen Luftfeuchtigkeit $\geq 90\%$ sind günstig für Spargel, eine zweiwöchige Lagerdauer aber mit äußeren Qualitätsverlusten- allerdings sortenabhängig- verbunden. Interessant war es daher, dem Einfluss eines anderen Lagerverfahrens- der CA- Lagerung- bei Bleich- und Grünspargel nachzugehen.

5.4 Einfluß der CA- Lagerung auf die Qualität des Erntegutes

5.4.1 Äußere Qualitätsmerkmale

Für die CA- Lagerung wurde in den Jahren 2000 und 2001 Bleich- und Grünspargel der Sorten `Huchels Schneewittchen` und `Gijnlim` verwendet. Der Spargel wurde zu 1 kg-Bündel abgewogen und die Hälfte der Proben in perforierte Folie verpackt. Anschließend wurde das Untersuchungsmaterial auf vier Schränke, in denen unterschiedliche Gasgemischverhältnisse (CA I und CA II) herrschten, auf drei übereinander liegende Fächer (3 Wiederholungen) verteilt. Die Proben wurden nach zwei Wochen hinsichtlich äußerer und innerer Qualität untersucht.

Lagerbedingungen im Jahr 2000:

CA I : Luftfeuchtigkeit 95 %

Temperatur 2 bis 4°C

Gasgemisch O₂ 4 %

CO₂ 5 %

CA II: Luftfeuchtigkeit 95 %

Temperatur 2 bis 4°C

Gasgemisch O₂ 4 %

CO₂ 10%

Im Jahre 2001 wurde der Versuch unter gleichen Bedingungen wie 2000, aber bei einer tieferen Temperatur (1-2°C) und einer Lagerdauer von sowohl zwei als auch fünf Wochen durchgeführt.

In der Tabelle 15 sind die Veränderungen in der äußeren Qualität der Spargelstangen nach zweiwöchiger CA- Lagerung aufgeführt.

Tab. 15: Äußere Qualitätsmerkmale von Bleich- und Grünspargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' nach zweiwöchiger CA- Lagerung im Jahre 2000

	Gijnlim B CA I	Gijnlim G CA I	Gijnlim B CA II	Gijnlim G CA II	Schnee- wittchen B CA I	Schnee- wittchen G CA I	Schnee- wittchen B CA II	Schnee- wittchen G CA II
<u>Rosa bisViolette Farbe</u> s. kräftig kräftig mittel schwach	x		x		x		x	
<u>Welke</u> s. kräftig kräftig mittel schwach	x		x		x	x	x	x
<u>Berostung</u> viel mittel wenig								
<u>Verholzung</u> viel mittel wenig								
<u>Aufblühen</u> viel wenig								

Bleichspargel der Sorte 'Gijnlim' zeigte bei der CA I und CA II -Lagerung eine schwache violette Färbung der Stangen bei nahezu der Hälfte der Proben. Grünspargel der gleichen Sorte wies unter gleichen Lagerbedingungen keinerlei Qualitätsmängel in der Farbe der Stangen auf. Beim Bleichspargel trat eine schwache Welke auf. Bei der Sorte 'Huchels Schneewittchen' lag beim Bleichspargel der CA I – Lagerung eine schwache Farbveränderung in den Spitzen (bei ca. 2% der Spitzen) vor. Die Welke vom Bleichspargel lag bei 5 – 10 %. Beim Grünspargel gab es keine Farbveränderung, die Welke war mit 2 % bei den dünneren Stangen sehr gering.

Bei den Bleichspargelproben von 'Huchels Schneewittchen' gab es bei der CA II – Lagerung einen sehr geringen Anteil (2 %) von violett verfärbten Stangen. Die Welke war schwach ausgeprägt und betraf nur die dünneren Stangen (5 %). Grünspargel der selben Sorte zeigte bei der CA II – Lagerung keine Qualitätsmängel in der Farbe und die Welke war genauso schwach ausgeprägt wie beim Grünspargel der Sorte 'Gijnlim' bei der CA I- Lagerung (Tab.15).

Keine Qualitätsveränderung gab es bei beiden Spargelsorten und beiden Lagerbedingungen in der Berostung, in der Verholzung der Stangen und im Aufblühen der Köpfe.

Die Tabelle 16 enthält die Ergebnisse der Beurteilung äußerer Qualitätsmerkmale der Spargelstangen nach einer fünfwöchigen CA- Lagerung mit verschiedenen Gasgemischen im Jahre 2001.

Tab.16: Äußere Qualitätsmerkmale von Bleich- und Grünspargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' nach fünfwöchiger CA- Lagerung im Jahr 2001

	Gijnlim B CA I	Gijnlim G CA I	Gijnlim B CA II	Gijnlim G CA II	Schnee- wittchen B CA I	Schnee- wittchen G CA I	Schnee- wittchen B CA II	Schnee- wittchen G CA II
<u>Rosa bisViolette Farbe</u> s. kräftig kräftig mittel schwach	x		x		x		x	
<u>Welke</u> s. kräftig kräftig mittel schwach	x	x	x	x	x	x	x	x
<u>Berostung</u> viel mittel wenig								
<u>Verholzung</u> viel mittel wenig	x	x	x	x	x	x	x	x
<u>Aufblühen</u> viel wenig								

Auffallend ist, dass nach fünfwöchiger CA- Lagerung bei beiden Grünspargelsorten und bei beiden Lagermethoden keinerlei Veränderung in der Stangenfarbe festzustellen ist. Bei Bleichspargel ist wiederum bei beiden Sorten eine schwache Rosa- bis Violettfröbung zu erkennen (5%). Die Welke variierte zwischen schwach (Grünspargel) bis mittel (Bleichspargel) bei 'Gijnlim'. Der Bleichspargel schnitt also wiederum bei beiden Lagermethoden etwas schlechter ab.

Bei 'Huchels Schneewittchen' zeigte die Welke beim Bleichspargel in der CA I- Lagerung die größte Ausprägung. Eine schwache Verholzung wurde bei allen Varianten nach der fünfwöchigen Lagerung ermittelt. Ein Aufblühen der Spargelspitzen oder eine Berostung konnten nicht festgestellt und somit die Qualität nicht zusätzlich beeinträchtigen.

Die erheblich längere Lagerzeit hatte erwartungsgemäß größere negative Auswirkungen auf die äußere Qualität von Spargelstangen, unabhängig von der Luftzusammensetzung der CA-

Lagerung. Sie bezogen sich nicht auf Farbveränderungen, Auftreten von Berostung und Aufblühen der Spargelspitzen beider Spargelanbauformen. Die Welkeerscheinungen nahmen aber zu und bei allen Spargelproben trat eine Verholzung (Tab.16), allerdings „wenig“, auf. Bei etwas anderen CA- Lagerbedingungen und einer anderen Grünspargelsorte erzielten Hönemann und Ziegler (1999) teilweise gleiche aber auch andere Ergebnisse.

Für ihre Studie verwendeten sie auch Bleichspargel der Sorte 'Gijnlim', aber Grünspargel der Sorte 'Spaganiva', die bei einer Lageratmosphäre von 1.5-3 % O₂ und 10 % CO₂ (U.L.O.) und einer Temperatur von 0,5°C für 4 Wochen gelagert wurden. Insgesamt wurden 2 Aufbereitungsvarianten der Handelsklasse I bei Bleichspargel untersucht. Verglichen wurden die Varianten „feldfrischer, nicht aufbereiteter Spargel“ und „marktfertig aufbereiteter Spargel“. Parallel dazu lagerte man Grünspargel- Rohware ein. Nachdem die Proben bei einer Eiswasserschokkühlung auf + 2 bis +3°C abgekühlt waren, wurden sie in die CA- Zelle eingelagert. In Abständen von 7 Tagen wurden die Dokumentationen vorgenommen. Wichtige Kriterien waren Rotfärbung, Stangenkrümmung, Kopfqualität, Beschaffenheit der Schnittstelle, Auftreten von Krankheiten und eventuelle Gewichtsverluste. Weiterhin wurde der Ascorbinsäuregehalt stichprobenartig erfasst.

Nach einer 4-wöchigen Lagerung kam es bei beiden Aufbereitungsvarianten des Bleichspargels zu keinen optisch erkennbaren Qualitätsverlusten am Kopf und an der Stange. Beide Varianten wiesen weitgehend rein weiße Köpfe und kaum erkennbare, eingetrocknete Schnittflächen auf. Die Eiswasserschokkühlung vor der Einlagerung dürfte für das Ausbleiben von Verfärbung beim Bleichspargel, wie es in unseren Untersuchungen auftrat (Tab. 15 und 16), verantwortlich sein. Unterschiede ergaben sich auch im Verhalten des Grünspargels.

Die Grünspargelvariante blieb nur 2 Wochen lang vermarktungsfähig. Aufgrund mangelnder Kopfqualität und beginnenden Krankheitssymptomen wurde der Grünspargel nach 3 Wochen nicht weiter untersucht. Bei über 50% des Spargels öffneten sich zum Teil sehr stark die Deckblätter. Vereinzelt trat am Kopf auch bakterielle Weichfäule auf. Der Ascorbinsäuregehalt nahm von 5 mg /100 g Frischmasse Bleichspargel nach 20 Tagen Lagerung auf 3,95 mg und nach 24 Tagen auf 3,32 mg ab. Deutliche Unterschiede wurden bei den beiden Bleichspargelvarianten im Nachlagerverhalten gemessen, einer Versuchsfrage, der in der eigenen Arbeit nicht nachgegangen wurde. Dabei blieb die Variante „feldfrischer nicht aufbereiteter Spargel“ nach 3 Wochen CA- Lager noch 12 Stunden lang marktfähig, nach 4 Wochen lediglich 4 Stunden. Bei der „marktfähig aufbereiteten“ Variante war der Spargel nach 3 Wochen Einlagerung nur 9 Stunden und nach 4 Wochen lediglich 2,5 Stunden

in einer ansprechenden Form. Spargel, der 3 bzw. 4 Wochen gelagert wurde, verlor insbesondere im Bereich des Spargelkopfes an dem besonders spargeltypischen leicht süßlichen Geschmack. Nach 4 Wochen war der Geschmack der Spargelköpfe relativ fad und im Vergleich zu frischem Spargel deutlich abfallend.

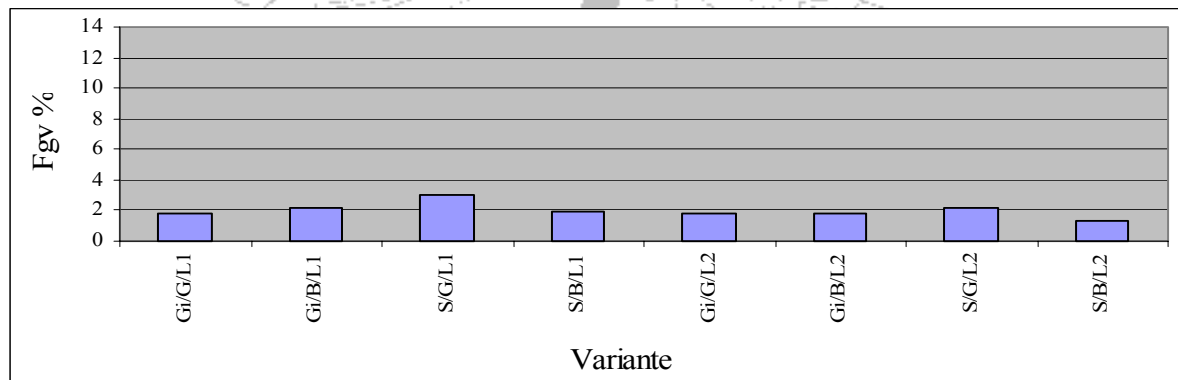
Die Ergebnisse zeigen, daß Bleichspargel im Notfall mit einer U.L.O.- Lagerung (U.L.O. = ultra low oxygen = sehr niedrige Sauerstoffgehalte) länger in einer akzeptablen Qualität gelagert werden kann. Eine CA- Lagerung über mehr als 2 Wochen wird aus Gründen des sich dramatisch verschlechternden Auslagerungsverhaltens und der deutlichen Geschmacksverluste von den Autoren abgelehnt. Sie untersuchten außer Vitamin C keine weiteren Inhaltsstoffe.

5.4.2 Veränderung von Inhaltsstoffgehalten

5.4.2.1 Frischgewichtsverlust, Trockensubstanz, Zucker- und Säureverhältnis

Die Frischgewichtsverluste nach zwei- und fünfwöchiger CA- Lagerung von Spargel der Sorte 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' sind in den Abbildungen 57 und 58 dargestellt. (In den folgenden dargestellten Abbildungen werden die CA I- und CA II- Lagerung mit L1 und L2- 1. und 2. Serie- bezeichnet).

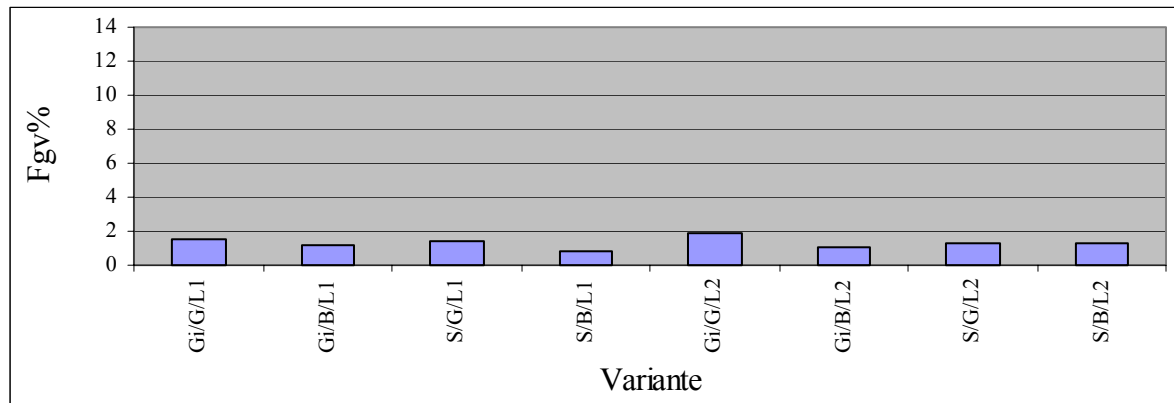
Abb.57: Frischgewichtsverlust bei 2-wöchiger CA- Lagerung von Bleich- und Grünspargel verschiedener Varianten im Jahre 2000



GD 5% :1,0

Den größten Masseverlust nach der 2-wöchigen CA- Lagerung im Jahre 2000 hatte Grünspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' mit 3% (CA I = L1) und lag somit mit 1% über dem Durchschnittswert von 2%. Gleich hoch war der Verlust bei den drei Vergleichsvarianten. Ein fast identisches Ergebnis zeigten auch die Varianten 'Gijnlim' Grünspargel und Bleichspargel (CA II = L2) sowie 'Huchels Schneewittchen' (L1). Den niedrigsten Masseverlust wies Bleichspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' in der L2 Lagerung auf (Abb. 57).

Abb. 58: Frischgewichtsverlust bei 5-wöchiger CA- Lagerung von Bleich- und Grünspargel verschiedener Varianten im Versuchsjahr 2001



GD 5% : 0,9

Nach der 5-wöchigen CA- Lagerung im Jahre 2001 hatte Grünspargel der Sorte 'Gijnlim' bei beiden Serien den höchsten Masseverlust. Auch bei der Sorte 'Huchels Schneewittchen' war der Verlust bei beiden Serien beim Grünspargel höher als beim Bleichspargel. Den niedrigsten Masseverlust wies Bleichspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' in der ersten Serie auf. Bei der zweiten Serie wies 'Gijnlim' Bleichspargel den niedrigsten Frischgewichtsverlust auf. Die Unterschiede waren jedoch nur zwischen der Var. Gi/G/L2 sowie S/B/L2 statistisch sicherbar (Abb.58).

Im Vergleich mit der 2-wöchigen CA- Lagerung 2000 hat der Spargel einen höheren Masseverlust, jedoch fallen die Ergebnisse bei den einzelnen Varianten verschieden aus. So hat im 5-wöchigen Versuch der Grünspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' bei der 1. Serie weniger Masse verloren als im Jahr 2000.

Vergleich: Frischgewichtsverlust Kühlagerung/ CA- Lagerung

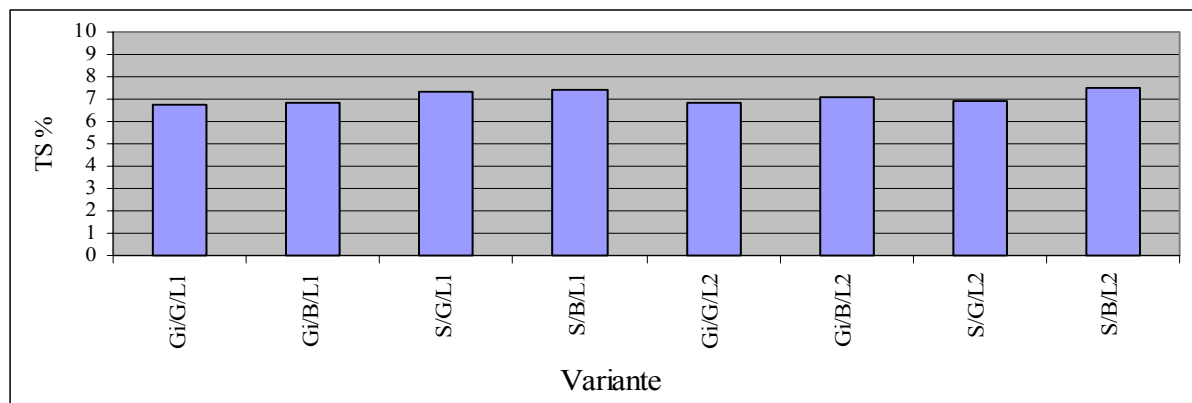
Vergleicht man die Ergebnisse 2000 zum Frischgewichtsverlust bei Kühlagerung (95 % Luftfeuchtigkeit, 2-4°C) und CA I- Lagerung (95 % Luftfeuchtigkeit, 2- 4 °C, 4 % O₂ und 5 % CO₂) fällt auf, daß der Verlust bei Bleich- und Grünspargel um ein Vielfaches höher ist als bei der CA- Lagerung. Besonders hoch und unterschiedlich ist das Ergebnis bei 'Huchels Schneewittchen' Bleich- und Grünspargel. Bei 'Gijnlim' Bleich- und Grünspargel ist der Wasserverlust etwa gleich groß. Durch die veränderte Atmosphäre und Zugabe von CO₂ verlangsamten sich die Atmung und Transpiration des Spargels, was besonders zu dem geringeren Masseverlust führt.

Schaut man sich die Ergebnisse zwischen Kühlagerung und CA- Lagerung mit 10 % CO₂ an (CA II), dann fällt der Verlust noch geringer aus. Durch die nochmals um 5 % erhöhte CO₂-

Zugabe hat der Spargel seine Atmung noch mehr verringert, was zu noch weniger Frischgewichtsverlust führte.

Die Ergebnisse zur Trockensubstanz sind in den Abbildungen 59 und 60 dargestellt.

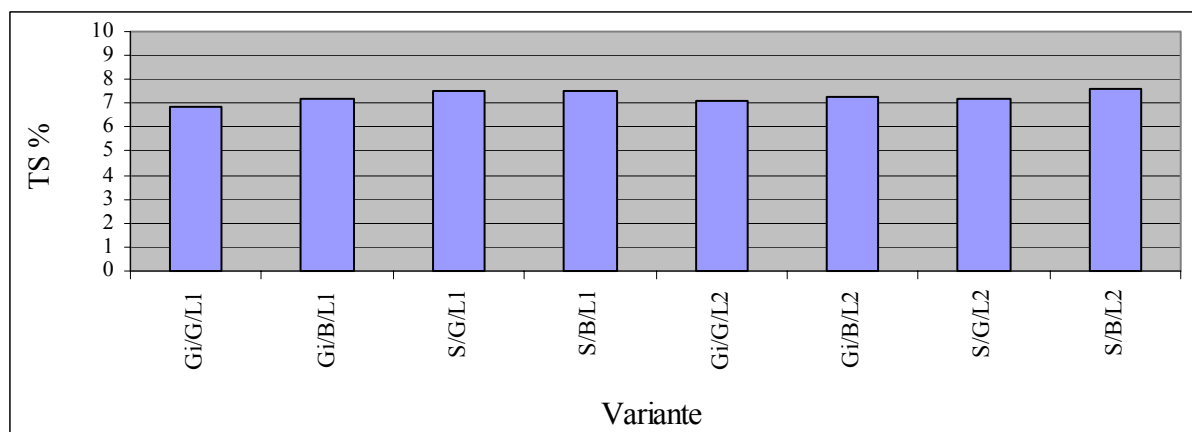
Abb.59: Trockensubstanz nach 2-wöchiger CA- Lagerung bei Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' verschiedener Varianten im Versuchsjahr 2000



GD 5% : 0,6

Die Trockensubstanzergebnisse nach der 2- wöchigen CA- Lagerung im Jahre 2000 liegen tendenziell dicht zusammen. Den höchsten Wert findet man bei der zweiten Serie beim Bleichspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen', dicht gefolgt im Ergebnis vom Bleichspargel der Sorte 'Gijnlim'. Bei der ersten Serie hat ebenfalls der Bleichspargel von 'Huchels Schneewittchen' den höchsten Wert. Er liegt gleichauf mit dem Grünspargelergebnis der selben Sorte. Bei der Sorte 'Gijnlim' ist der Bleichspargelwert minimal höher als der vom Grünspargel. Insgesamt liegen alle Grünspargelwerte etwas unter denen von Bleichspargel.

Abb.60: Trockensubstanz nach 5-wöchiger CA- Lagerung bei Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' und verschiedenen Varianten im Jahr 2001

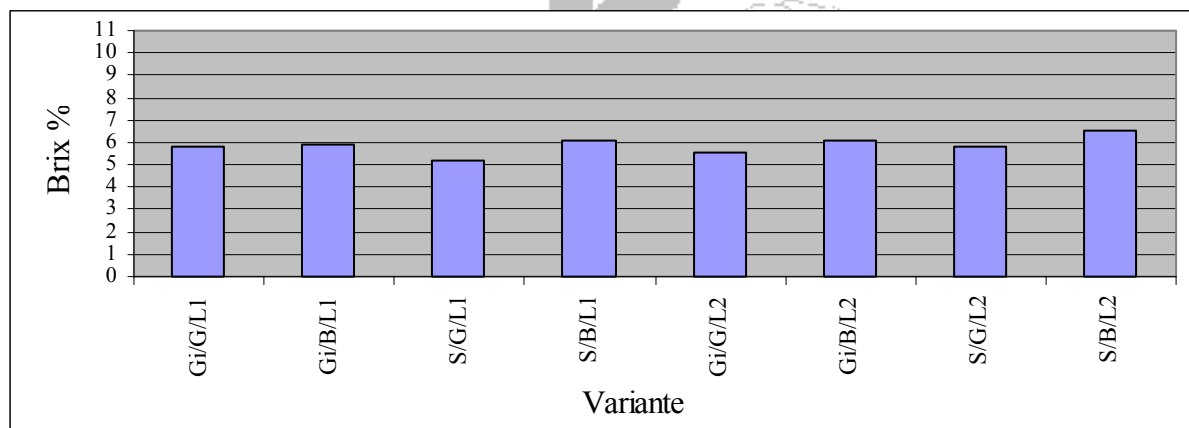


GD 5% : 0,8

Die Trockensubstanzergebnisse nach der 5-wöchigen CA- Lagerung im Jahre 2001 liegen bei beiden Serien dicht zusammen und sind in der Tendenz ähnlich (Abb.60). Die Trockensubstanzwerte von 'Gijnlim' lagen etwas niedriger als die von 'Huchels Schneewittchen'. Noch enger liegen die Ergebnisse in der Trockensubstanz in der zweiten Serie zusammen. Hier gibt es zwischen 'Gijnlim' Bleich- und Grünspargel sowie 'Huchels Schneewittchen' keinen Unterschied. Lediglich der Bleichspargelwert von 'Huchels Schneewittchen' ist etwas höher und der höchste insgesamt. Es gibt keinen sehr auffälligen Unterschied zwischen der Kühl Lagerung und der zwei bzw. 5-wöchigen CA- Lagerung. Es scheinen die unterschiedlichen Lagerungsmethoden wenig Einfluss auf den Trockensubstanzgehalt des Spargels zu haben.

Die Ergebnisse zum Zuckergehalt nach verschiedener CA- Lagerung von Spargel sind in den Abbildungen 61 und 62 dargestellt.

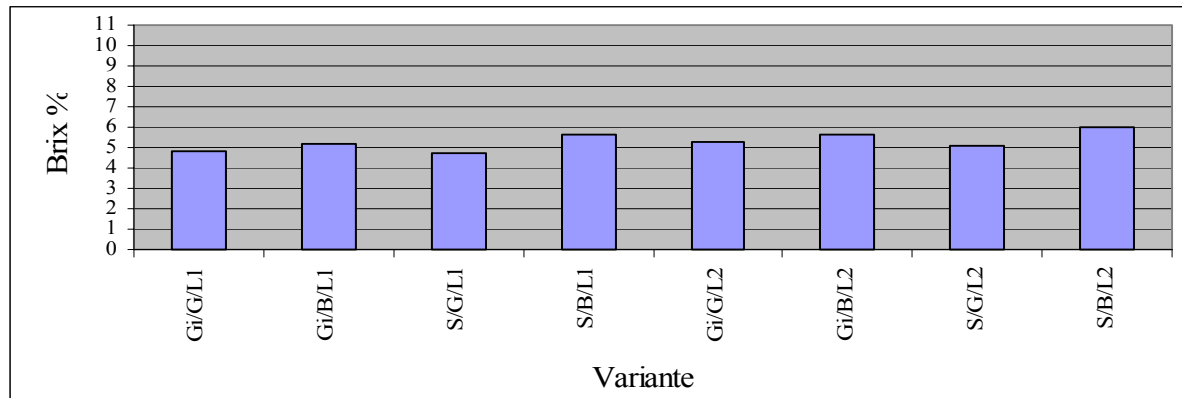
Abb.61: Zuckergehalt nach 2-wöchiger CA-Lagerung bei Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' verschiedener Varianten im Jahr 2000



GD 5%

Die Ergebnisse nach der 2-wöchigen CA- Lagerung im Jahre 2000 sind bei beiden Serien in der Tendenz gleich. Der Wert von 'Huchels Schneewittchen' Grünspargel weicht etwas von dem einheitlichen Ergebnis in der 1. Serie ab und liegt geringfügig unter dem Messergebnis der anderen Varianten. Bei der 2. Serie liegen bis auf 'Gijnlim' Grünspargel die Ergebnisse der anderen Varianten über den Werten der 1. Serie. Das Messergebnis von 'Gijnlim' Grünspargel liegt allerdings nur knapp unter dem Wert der 1. Serie. Bei beiden Serien sind die Werte bei den Bleichspargelergebnissen beider Sorten die höheren insgesamt.

Abb.62: Zuckergehalt nach 5-wöchiger CA-Lagerung bei Bleich- und Grünspargel und verschiedenen Varianten im Jahr 2001



GD 5%

Die Ergebnisse nach der 5-wöchigen CA- Lagerung im Jahre 2001 sind bei beiden Serien in der Tendenz gleich (Abb.62). Die Grünspargelwerte der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' liegen bei beiden Serien immer etwas unter denen von Bleichspargel, die Differenzen sind jedoch nur bei der letztgenannten Sorte statistisch sicherbar.

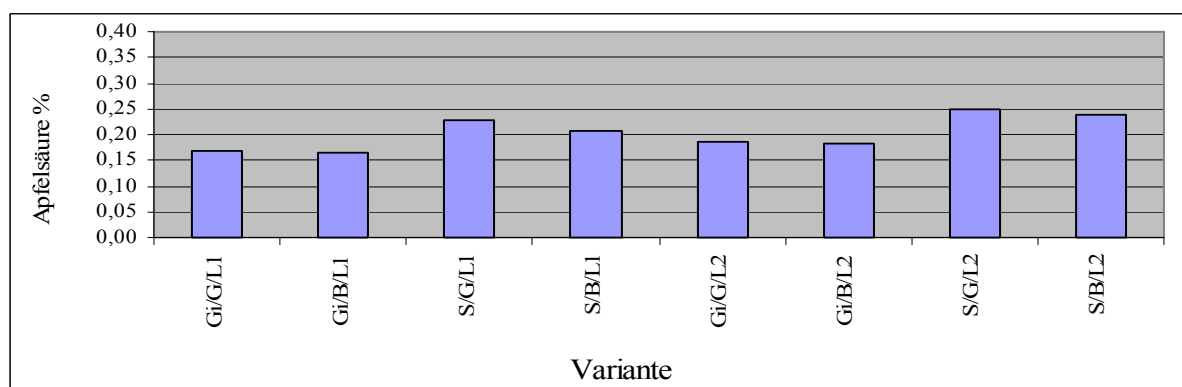
Vergleich: Zuckergehalt Kühlagerung/ CA- Lagerung

Beim Zuckergehalt gibt es kaum Auffälligkeiten im Ergebnis zwischen der Kühlagerung (Abb. 47) und der CA- Lagerung (Abb. 61). Lediglich der Grünspargelwert von 'Gijnlim' ist nach der 2-wöchigen CA- Lagerung etwas gestiegen. Leicht verringert hat sich das Ergebnis von Bleichspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' nach der CA- Lagerung.

Nach der 5-wöchigen CA- Lagerung (Abb. 62) haben die Werte in beiden Serien und bei allen Varianten gegenüber der 2-wöchigen CA- Lagerung und der Kühlagerung in der Tendenz leicht abgenommen. Der Durchschnittswert sank von 5,9 auf 5,3 %.

Die Apfelsäuregehalte nach 2- und 5-wöchiger CA- Lagerung sind in den Abbildungen 63 und 64 dargestellt.

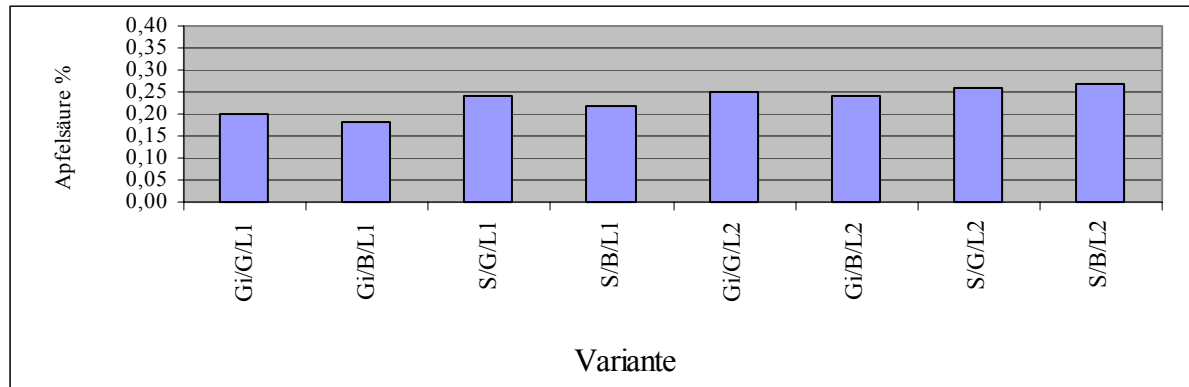
Abb.63: Apfelsäuregehalt nach 2-wöchiger CA- Lagerung der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' im Jahr 2000



Ø = 0,2%

Nach einer zweiwöchigen CA- Lagerung fällt der Apfelsäuregehalt der Sorte 'Gijnlim' bei Grün- und Bleichspargel beider Serien bei 'Huchels Schneewittchen' deutlich geringer aus. Die Apfelsäuregehalte der 2. Serie liegen relativ deutlich über denen der 1. Serie.

Abb.64: Apfelsäuregehalt nach 5-wöchiger CA- Lagerung der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' im Jahr 2001



$\bar{O} = 0,23\%$

Nach der 5-wöchigen CA- Lagerung enthielten die Grün- und Bleichspargelstangen der Sorte 'Gijnlim' in der 1. Serie wiederum geringere Apfelsäuregehalte als bei 'Huchels Schneewittchen'. Auch fiel der Unterschied zwischen Grün- und Bleichspargel bei dieser Sorte relativ deutlich aus, wobei der Bleichspargelwert der niedrigere war. Bei der 2. Serie lagen die Ergebnisse von Grün- und Bleichspargel beider Sorten im Vergleich zur 1. Serie enger zusammen und insgesamt über den Werten der 1. Serie.

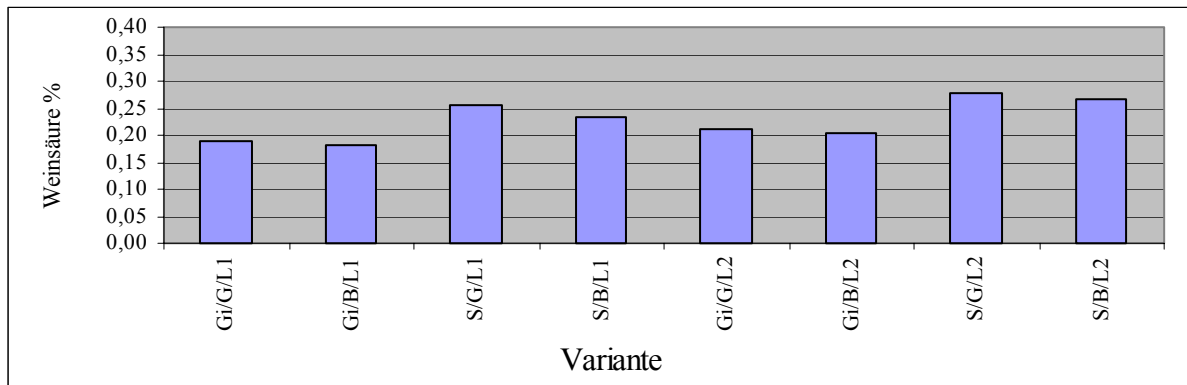
Vergleich: Apfelsäure Kühlagerung/ CA- Lagerung

Nach der 2-wöchigen CA –Lagerung haben sich die Apfelsäuregehalte gegenüber der Kühlagerung (Abb. 49) um mindestens 0,5 % erhöht. Am stärksten nahm der Wert von Grünspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' in der 2. Serie zu. Deutlich erhöht- um bis zu 0,6%- war auch das Ergebnis von Grün- und Bleichspargel der Sorte 'Gijnlim' der 2. Serie gegenüber der Kühlagerung.

Bezieht man die 5-wöchige CA- Lagerung in den Vergleich mit ein, so zeigt sich eine nochmalige leichte Erhöhung der Apfelsäuregehalte. Sie nahmen aber gegenüber der 2-wöchigen CA- Lagerung nur geringfügig zu; der Durchschnittswert erhöhte sich geringfügig von 0,20 auf 0,23 %.

Die Weinsäuregehalte im Spargel nach CA- Lagerung enthalten die Abbildungen 65 und 66.

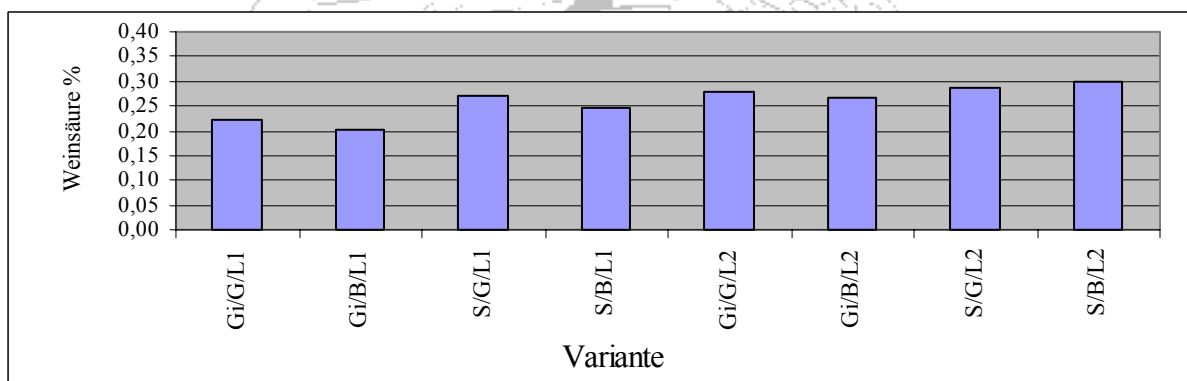
Abb.65: Weinsäuregehalt nach 2-wöchiger CA- Lagerung der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' im Jahr 2000



$\emptyset = 0,23\%$

Nach der 2-wöchigen CA- Lagerung sind die Weinsäureergebnisse bei 'Gijnlim' Grün- und Bleichspargel gleich und liegen deutlich unter den Werten von Grün- und Bleichspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen'. Bei der 2. Serie liegen die Werte beider Sorten bei allen Varianten insgesamt höher. Hier liegt der Grünspargelwert von 'Gijnlim' gegenüber Bleichspargel und im Vergleich zur 1. Serie etwas zu. Bei 'Huchels Schneewittchen' Grün- und Bleichspargel ist das Ergebnis in der Relation unverändert.

Abb.66: Weinsäuregehalt nach 5-wöchiger CA- Lagerung der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' im Jahr 2001



$\emptyset = 0,26\%$

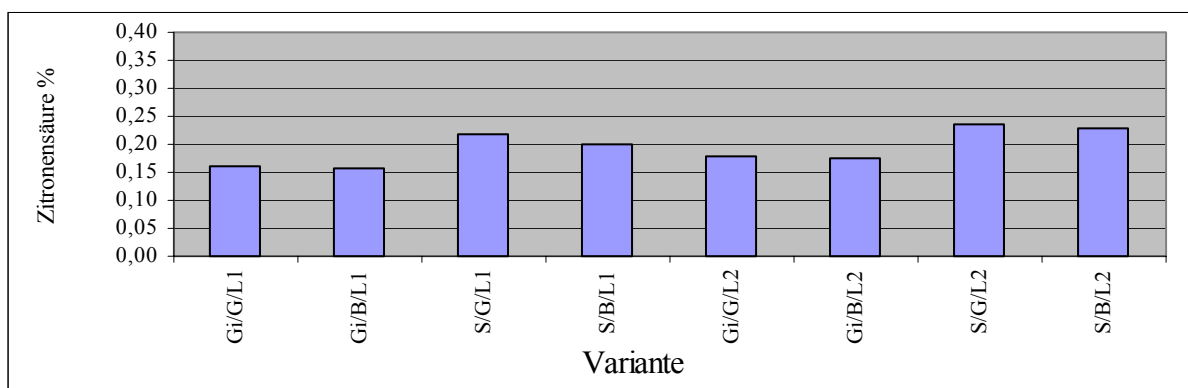
Die Bleichspargelstangen der Sorte 'Gijnlim' weisen nach 5-wöchiger CA- Lagerung in der 1. Serie einen geringeren Weinsäuregehalt als die Grünspargelstangen auf und liegen deutlich unter dem Ergebnis von Grün- und Bleichspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen'. Bei der 2. Serie liegen die Werte der einzelnen Varianten viel enger zusammen. Auch hier ist das Ergebnis von Grün- und Bleichspargel der Sorte 'Huchels Schneewittchen' etwas höher. Der Bleichspargelwert liegt bei der 2. Serie im Unterschied zur 1. Serie über dem von Grünspargel.

Vergleich: Weinsäure Kühlagerung/ CA- Lagerung

Die ermittelten Weinsäureergebnisse zeigen, daß sich die Werte nach der 2-wöchigen CA-Lagerung (Abb. 65) im Vergleich zur Kühlagerung (Abb. 51) erhöht haben. In der Tendenz der Differenzen zwischen den Varianten blieben sie jedoch gleich. Nach der 5-wöchigen CA-Lagerung stiegen die Weinsäurewerte nochmals geringfügig an. Der Durchschnittswert erhöhte sich von 0,23% nach 2 Wochen CA- Lagerung auf 0,26% nach 5 Wochen CA-Lagerung.

Die Zitronensäuregehalte der Spargelstangen nach CA- Lagerung verdeutlichen die Abbildungen 67 und 68.

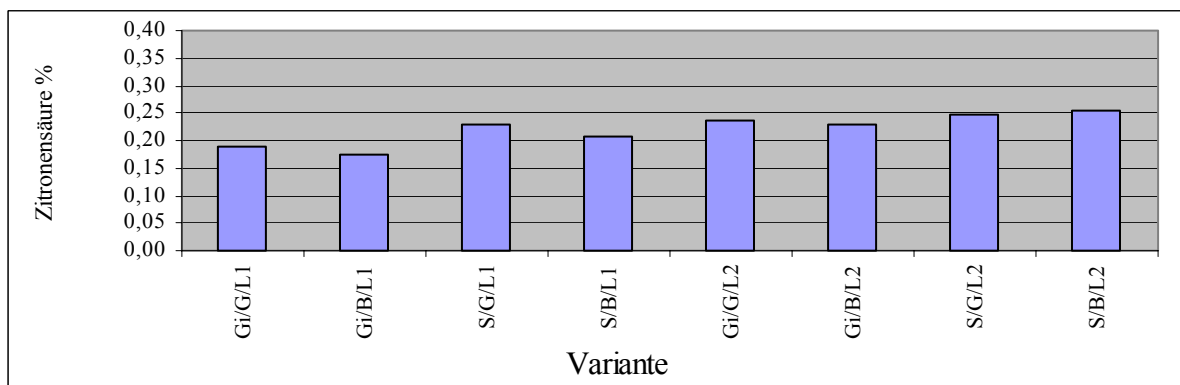
Abb.67: Zitronensäuregehalt nach 2-wöchiger CA- Lagerung der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' im Jahr 2000



Ø = 0,2%

Die Grün- und Bleichspargelstangen der Sorte 'Gijnlim' weisen ein fast identisches Ergebnis auf. Es liegt deutlich unter den Ergebnissen von 'Huchels Schneewittchen'. Bei dieser Sorte enthält der Grünspargel etwas mehr Zitronensäure als der Bleichspargel. Bei der 2. Serie haben sich alle Messergebnisse im Vergleich zur 1. Serie erhöht, wobei die Relationen zwischen den Varianten etwa gleich geblieben sind (Abb.67).

Abb.68: Zitronensäuregehalt nach 5-wöchiger CA- Lagerung der Spargelsorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' im Jahr 2001



Ø = 0,22%

Nach der 5-wöchigen CA- Lagerung sind die Ergebnisse der 1. Serie recht unterschiedlich (Abb. 68). Die Grünspargelstangen beider Sorten enthalten mehr Zitronensäure als die Bleichspargelstangen. Bei der 2. Serie liegen die Messergebnisse zwischen den Sorten dichter zusammen. 'Huchels Schneewittchen' hat gegenüber 'Gijnlim', wie schon bei der 1. Serie, deutlich mehr Zitronensäure produziert.

Vergleich: Zitronensäure Kühlagerung/ CA- Lagerung

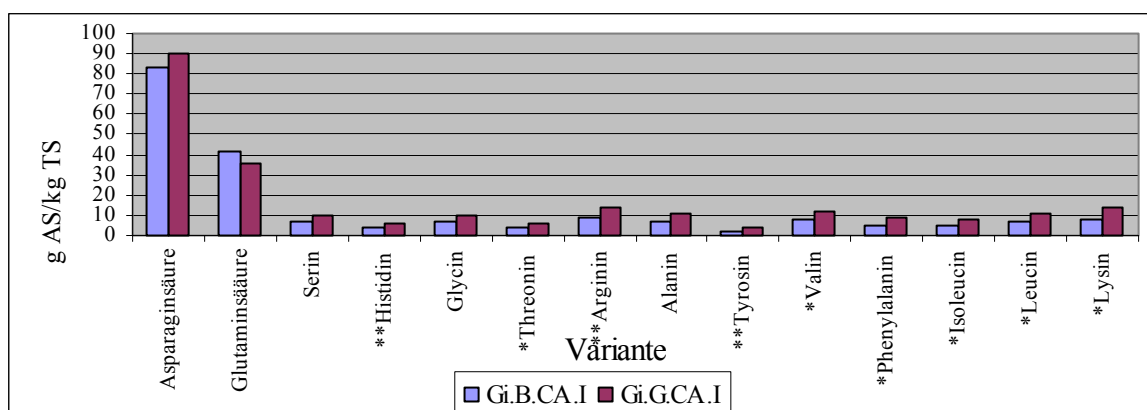
Die Zitronensäurewerte erhöhten sich bei beiden Sorten und Varianten nach der 2-wöchigen CA- Lagerung (Abb. 67) um 0,3% gegenüber der Kühlagerung (Abb. 53). Den insgesamt niedrigsten Wert hatte der unbedeckte und in Folie verpackte Bleichspargel der Sorte 'Gijnlim' (Abb. 52). Nach der 5-wöchigen CA- Lagerung (Abb. 68) stieg das Ergebnis gegenüber der 2-wöchigen CA- Lagerung und der Kühlagerung nochmals an. In der Tendenz sind die Werte gleich geblieben und der Durchschnittswert erhöhte sich von 0,19 auf 0,22%.

5.4.2.2 Aminosäuregehalte

Bei den Untersuchungen zur Ermittlung von proteinogenen Aminosäuren in Bleich- und Grünspargel nach CA- Lagerung handelt es sich um einjährige Ergebnisse aus dem Versuchsjahr 2000 mit eingeschränkter Variantenwahl.

Die Abbildungen 69 enthält die Ergebnisse nach 2-wöchiger CA- Lagerung (L1).

Abb.69: Aminosäuregehalt von Bleich- und Grünspargel der Sorte 'Gijnlim' nach 2-wöchiger CA- Lagerung mit 5% CO₂ im Jahr 2000



Es wurden in Bleichspargelstangen der Sorte 'Gijnlim' über 80 g/kg TS Asparaginsäure ermittelt. Im Grünspargel der gleichen Sorte waren es über 90 g/kg TS. Bei der Glutaminsäure enthielt der Bleichspargel mit 41,1 g/kg TS 5,2 g/kg mehr als der

Grünpargel. Bei den anderen untersuchten Aminosäuren lagen die Werte zwischen 2,3 g/kg (Tyrosin) bis 13,6 g/kg (Arginin), wobei jeweils der Grünpargelwert der höhere ist.

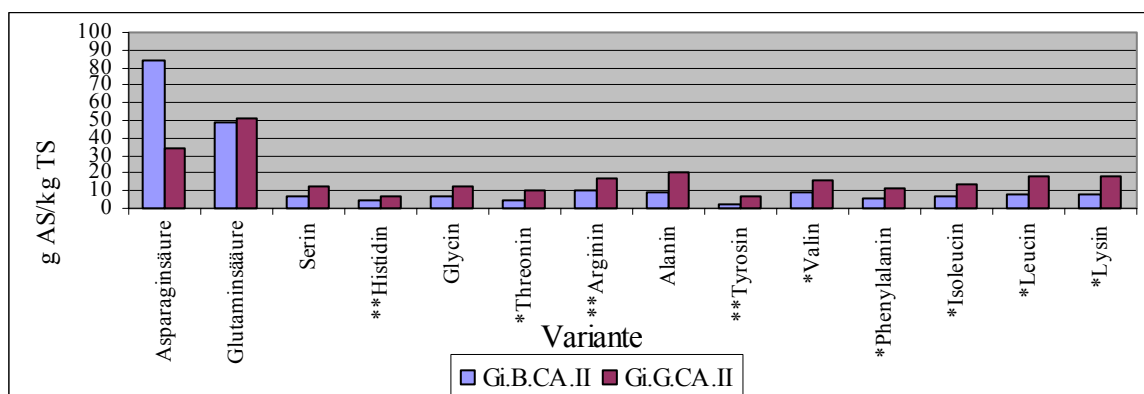
Vergleicht man die Kontrolle 2000 (Abb.37) mit der 2-wöchigen CA- Lagerung, so fällt die starke Zunahme bei der Asparaginsäure auf. Bei Bleich- und Grünpargel nahm der Wert nach der CA- Lagerung um mehr als das Doppelte zu, wobei sich das Ergebnis von Bleich- und Grünpargel umkehrte. Auch bei der Glutaminsäure kehrten sich die Werte von Bleich- und Grünpargel um, stiegen jedoch im Vergleich zur Asparaginsäure nur leicht an. Für alle anderen Aminosäuren nahmen die Werte von der CA- Lagerung gegenüber der Kontrolle etwas ab und lagen im Verhältnis der Ergebnisse tendenziell etwa gleich.

Nach der 5-wöchigen CA- Lagerung nahm der Asparaginsäuregehalt von 'Gijnlim' Grünpargel gegenüber der 2-wöchigen CA- Lagerung deutlich ab und näherte sich dem Wert der Kontrolle an. Der Glutaminsäuregehalt stieg um nochmal 10g AS/ kg TS an. Insgesamt nahmen alle anderen Aminosäuregehalte von Grünpargel leicht zu.

Vergleich: Aminosäuregehalt Kühl Lagerung/ CA- Lagerung mit 5% CO₂

Vergleicht man die proteinogenen Aminosäuregehalte der Kontrolle und nach 2-wöchiger CA- Lagerung bei 95 % Luftfeuchtigkeit, einer Temperatur von 2 bis 4°C und einem Gasmisch von 4 % O₂ und 5 % CO₂, stellt man fest, daß sich der Wert von Asparaginsäure um 48,3 g/kg TS bei Bleichspargel und 69,4 g/kg TS bei Grünpargel der Sorte 'Gijnlim' erhöht hat. Bei der Glutaminsäure nahm der Wert nur geringfügig um 4,3 g/kg TS beim Bleichspargel zu und um 3,8 g/kg TS beim Grünpargel ab. Bei den anderen Aminosäuren liegen die Bleichspargelwerte nach der CA- Lagerung alle unter denen der Kontrolle. Bei Alanin und Lysin verringerten sich die Werte deutlich um 12,3 g/kg TS bzw. 11,3 g/kg TS. In der Abbildung 70 sind die Verhältnisse nach 2-wöchiger CA- Lagerung (L2) dargestellt.

Abb.70: Aminosäuregehalt von Bleich- und Grünpargel der Sorte 'Gijnlim' nach 2-wöchiger CA- Lagerung mit 10% CO₂ im Jahr 2000



Nach einer 2-wöchigen CA- Lagerung mit 10 % CO₂ wurden in Bleichspargelstangen der Sorte 'Gijnlim' 83 g/kg TS Asparaginsäure ermittelt. Im Grünspargel der gleichen Sorte waren es 34 g/kg TS. Bei der Glutaminsäure enthielt der Grünspargel 51 g/kg TS, der Bleichspargel etwas weniger mit 48,4 g/kg TS. Bei den restlichen untersuchten Aminosäuren lagen die Ergebnisse zwischen 2,8 g/kg TS bis 21 g/kg TS, und es ist jeweils der Grünspargelwert höher.

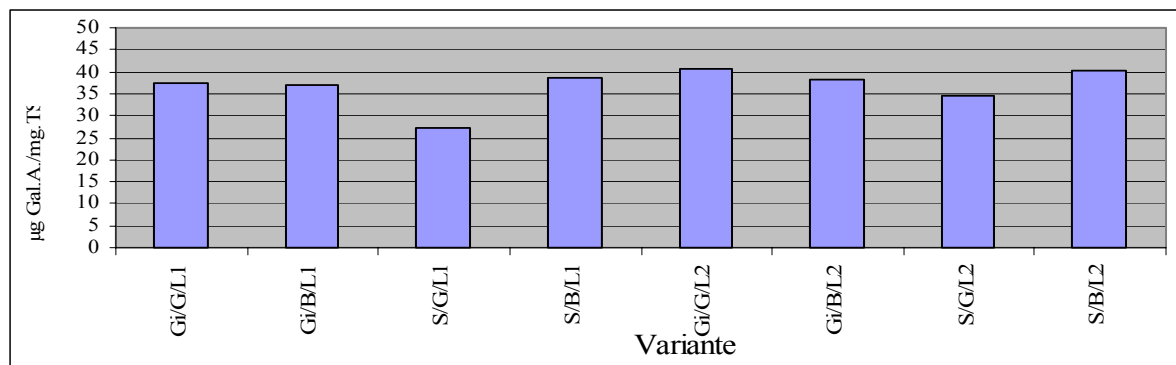
Vergleich: Aminosäuregehalt Kühl Lagerung/ CA- Lagerung mit 10% CO₂

Vergleicht man die proteinogenen Aminosäuregehalte der Kontrolle und nach der 5-wöchigen CA- Lagerung bei 95% Luftfeuchtigkeit, einer Temperatur von 2 bis 4°C und einem Gasmisch von 4% O₂ und 10% CO₂, stellt man fest, daß der Wert von Asparaginsäure um 49,3 g/kg TS bei Bleichspargel und 13,2 g/kg TS bei Grünspargel der Sorte 'Gijnlim' zugenommen hat. Bei der Glutaminsäure nahm der Wert um 11,6 g/kg TS bei Bleichspargel und um 11,3 g/kg TS beim Grünspargel zu. Bei den anderen Aminosäuren liegen alle Bleichspargelwerte bis auf Arginin unter denen der Kontrolle. Beim Grünspargel liegen bis auf Histidin und Arginin die Ergebnisse über denen der Kontrolle.

5.4.2.3 Pektingehalte

Die Pektingehalte von Bleich- und Grünspargel nach CA- Lagerung enthalten die Abbildungen 71 und 72.

Abb.71: Pektingehalt nach 2-wöchiger CA- Lagerung von Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' im Jahr 2000

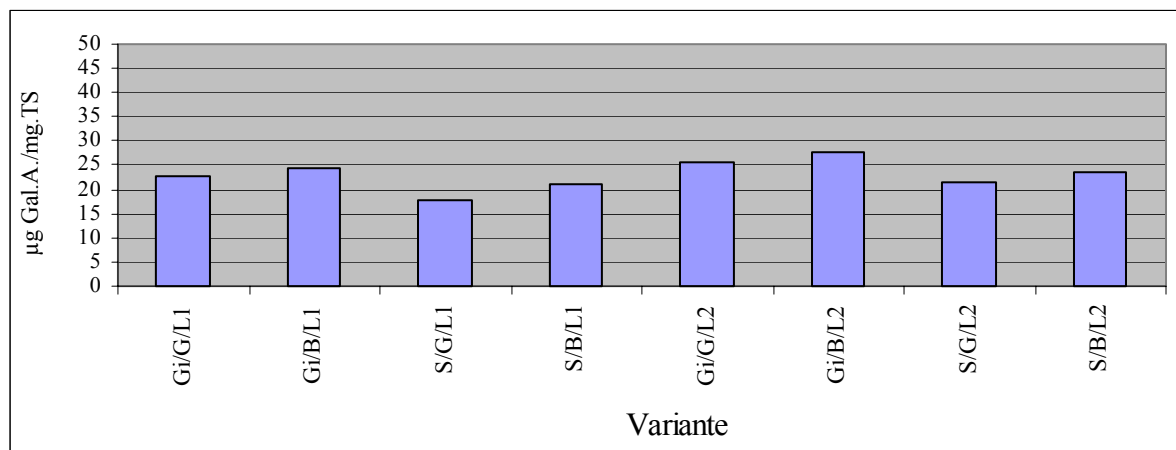


Ø = 36,8 µg Gal. A./ mg TS

Die Pektingehalte von Grün- und Bleichspargel der Sorte 'Gijnlim' der 1. Serie zeigen ein identisches Ergebnis. Bei der Sorte 'Huchels Schneewittchen' fällt das Ergebnis bei beiden

Spargelanbauformen hingegen unterschiedlicher aus. Der Bleichspargelwert liegt deutlich über dem von Grünspargel (Abb.71). Bei der 2. Serie sind alle Werte höher und liegen insgesamt enger zusammen. Bei 'Huchels Schneewittchen' konnte beim Bleichspargel ein deutlich höherer Wert ermittelt werden. Bei beiden Serien hatte der Grünspargel von 'Huchels Schneewittchen' den niedrigsten Gesamtpektidgehalt.

Abb.72: Pektingehalt nach 5-wöchiger CA- Lagerung von Bleich- und Grünspargel der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' im Jahr 2001



$\bar{O} = 23,03 \mu\text{g Gal. A./mg TS}$

Nach der 5-wöchigen CA- Lagerung wurden deutlich niedrigere Pektingehalte im Vergleich zur zweiwöchigen CA- Lagerung ermittelt (Abb.72). Die Ergebnisse der 1. und 2. Serie sind in der Tendenz ähnlich. Bei der 1. Serie enthält 'Gijnlim' mehr Pektin als 'Huchels Schneewittchen', wobei im Bleichspargel in der Tendenz das meiste Pektin nachgewiesen werden konnte. Auch Bleichspargel 'Huchels Schneewittchen' hat mehr Pektin als Grünspargel. In der 2. Serie haben sich die Messergebnisse allgemein etwas erhöht, und auch hier liegen die Werte von Grünspargel beider Sorten unter denen von Bleichspargel.

Vergleich: Pektingehalt Kühlagerung / CA- Lagerung

Der Pektingehalt von 'Gijnlim' Grünspargel stieg im Vergleich zwischen Kühlagerung (Abb. 56) und CA- Lagerung (Abb. 71) deutlich an. Insgesamt erhöhten sich alle Werte, sind tendenziell aber gleich geblieben. Der Durchschnittswert stieg von $31,6 \mu\text{g Gal. A./mg TS}$ auf $36,8 \mu\text{g Gal. A./mg TS}$.

Nach der 5-wöchigen CA- Lagerung lagen die Pektingehalte beider Sorten und Anbauformen niedriger. In der Tendenz blieben sie, wie auch schon bei der 2-wöchigen CA- Lagerung und Kühlagerung, gleich. Der Durchschnittswert sank auf $23 \mu\text{g Gal. A./mg TS}$.

5.4.2.4. Diskussion der Ergebnisse zur Qualität von Spargelstangen nach CA- Lagerung

Spargelstangen haben eine sehr hohe Atmungsrate und sind deshalb für schnelles Altern und Qualitätsverlust sehr anfällig. Bei der CA- Lagerung wird das Lagergut einer bestimmten kontrollierten Atmosphäre ausgesetzt. Damit lassen sich die Frische und die Haltbarkeit des jeweiligen Produktes verlängern. Je nach Gasgemisch, das auf jedes Lagergut individuell eingestellt und jederzeit bei Bedarf verändert werden kann, nimmt man somit Einfluss auf die Qualität des zu lagernden Produktes.

Erhöhte Konzentrationen von Kohlendioxid (CO_2) und reduziertem Sauerstoff (O_2) und Ethylen- Konzentration können in nützlicher Ergänzung mit der optimalen Temperatur und Luftfeuchtigkeit die Frische von Obst und Gemüse nach der Ernte bewahren. Die modifizierte Atmosphäre begünstigt die reduzierte Atmung des Lagerguts, die Ethylenproduktion und die Empfindlichkeit gegen Ethylen kann die Reifung verzögern und das Verderben des Lagerguts reduzieren (Kader 1989). Durch Zugabe von CO_2 lässt sich die Atmungsrate des Spargels reduzieren und somit sein rasches Altern aufhalten und seine Frische und Haltbarkeit verlängern.

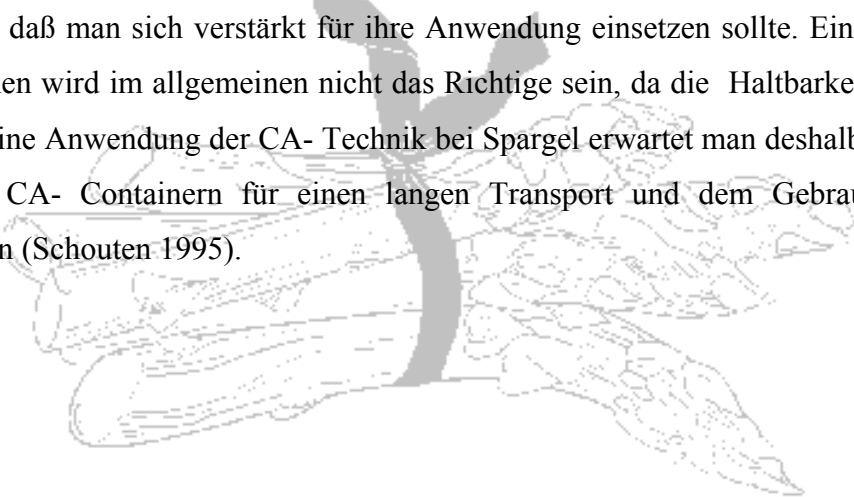
Grünspargel reagiert insgesamt positiv auf CA- Bedingungen. Mehr Kohlendioxid ist für Grünspargel besonders günstig (Schouten 1995). In einem Versuch mit Bleichspargel kam Schouten ebenfalls zu einem positiven Ergebnis. So hat der bei hohem CO_2 - Gehalt gelagerte Spargel weniger Fasern. Dieses Ergebnis fand in Geschmacksproben eine deutliche Bestätigung.

Bei den durchgeführten Untersuchungen zur CA- Lagerung wurden Grün- und Bleichspargelstangen der Sorten 'Gijnlim' und 'Huchels Schneewittchen' teilweise von zwei verschiedenen Ernteterminen verwendet, um zu sehen, welchen Einfluss neben Anbauform und Sorte der Zeitpunkt der Ernte auf die Qualität der Handelsklassen Extra/I in der Nachernteperiode hat. Der Gewichtsverlust beider Sorten lag im Vergleich gleich auf, er erhöhte sich nach der 5-wöchigen CA- Lagerung nur noch minimal im Vergleich mit der 2-wöchigen CA- Lagerung. Er war wesentlich geringer als bei der 2-wöchigen Kühlagerung. Der Trockensubstanzgehalt war, unabhängig von der Lagerdauer, bei beiden Sorten gleich hoch. Der Zuckergehalt nahm bei beiden Sorten und Varianten von der 2-wöchigen CA- Lagerung zur 5-wöchigen Lagerung etwas ab. Alle organischen Säuregehalte (Apfel-, Wein-, Zitronensäure) stiegen während der CA- Lagerung an und nahmen mit der Lagerdauer zu. Bei den Aminosäuren waren die Ergebnisse zwischen Bleich- und Grünspargel bei 5% CO_2 - Konzentration etwa gleich. Einen großen Unterschied gab es jedoch bei 10% CO_2 - Konzentration. Dort sank der Wert bei Grünspargel stark ab. Bei der Glutaminsäure

schwankten die Ergebnisse von Grün- und Bleichspargel weniger. Bei der 5%igen CO₂ -Konzentration lag der Bleichspargelwert etwas über dem von Grünspargel. Etwas höher waren die Werte insgesamt bei der 10%igen CO₂- Konzentration. Hier hatte der Grünspargel das höhere Messergebnis.

Beim Pektingehalt nahmen die Messwerte der einzelnen Varianten bei der 5-wöchigen CA-Lagerung gegenüber der 2-wöchigen CA- Lagerung stark ab. Während der langen Lagerung der Spargelstangen finden in den Stangen physiologische Prozesse statt, bei denen das Pektin abgebaut und in Zucker umgewandelt wird. Jedoch wurden die Werte in dieser Arbeit nicht kontinuierlich ermittelt, da es nur nach zwei bzw. fünf Wochen analytische Untersuchungen gab. Nach der 2-wöchigen Lagerzeit war der Prozess noch nicht eingetreten und nach der 5-wöchigen Lagerzeit muß er bereits überschritten sein, denn es wurden stattdessen erhöhte organische Säuregehalte ermittelt.

Die Vorteile der CA- Bedingungen sind in Bezug auf den Qualitätserhalt bei Spargel so überzeugend, daß man sich verstärkt für ihre Anwendung einsetzen sollte. Eine Lagerung in großen Räumen wird im allgemeinen nicht das Richtige sein, da die Haltbarkeit von Spargel zu kurz ist. Eine Anwendung der CA- Technik bei Spargel erwartet man deshalb eher bei dem Einsatz von CA- Containern für einen langen Transport und dem Gebrauch der MA-Verpackungen (Schouten 1995).



6 Schlussfolgerungen

Spargel ist ein sehr empfindliches Lagergut, denn es ist einerseits frostempfindlich ($\leq 0^{\circ}\text{C}$) und zeigt andererseits bei Temperaturen von über $2,5^{\circ}\text{C}$ einen schnellen Qualitätsabbau (Böttcher 1996). Frische Spargelstangen haben von allen Gemüsen und auch Obstarten eine der höchsten Atmungsraten und sind dadurch für sehr schnelles Altern nach der Ernte anfällig. Um diesen Prozeß aufzuhalten oder hinauszuzögern, ist es wichtig, daß dem Spargel bereits während der Ernte und auch später bei der Lagerung in Kühlräumen oder Kühllagerhäusern mit einer künstlich erzeugten modifizierten Atmosphäre (MA), der sogenannten CA- Lagerung mit geringer O_2 - Konzentration und hoher CO_2 - Konzentration und einer niedrigen Temperatur von $2-4^{\circ}\text{C}$, beste Nacherntepflege angedeiht.

Die Sortenwahl von Spargel ist für die äußere Qualität der Stangen von entscheidender Wichtigkeit. Für diese Arbeit wurden zwei genetisch sehr unterschiedliche Spargelsorten verwendet. Zum einen die anthocyanhaltige niederländische männliche Hybride 'Gijnlim' mit einer guten Ertragshöhe und einer sehr guten Stangendicke sowie guter Frühzeitigkeit. Zum anderen die deutsche gemischtblühende anthocyanfreie Sorte 'Huchels Schneewittchen' mit einer guten, in der Tendenz eher befriedigenden Ertragsleistung und mittlerer Stangendicke. Die nur mittlere Ertragshöhe, wie sie auch deutlich in dieser Arbeit gegenüber 'Gijnlim' hervortrat, führte dazu, daß der gleiche Zuchtbetrieb die Neuzüchtung 'Viridas' auf den Markt gebracht hat. Diese erste männliche Grünspargelhybride erreicht eine höhere Ertragsfähigkeit als 'Huchels Schneewittchen'. Die Anteile des Marktertrages am Feldertrag sowie der Klassen Extra und I am marktfähigen Ertrag waren zwar bei beiden Prüfsorten relativ gleich, in der absoluten Höhe aber schnitt 'Gijnlim' wesentlich besser ab. Andere Autoren berichten ebenfalls von der Überlegenheit von 'Gijnlim' gegenüber anderer Spargelsorten (insbesondere beim Bleichspargelanbau).

Ebenso entscheidend wie die Sortenwahl kann die Bestandesdichte sein. Nicht jede Spargelsorte reagiert auf das Erhöhen der Pflanzendichte gleichzeitig mit mehr Ertrag. Die Sorte 'Gijnlim' eignete sich jedoch im Grünspargelanbau gut für eine höhere Bestandesdichte von 25.000 Pfl./ha (160 cm x 25 cm). In den vier Erntejahren brachte 'Gijnlim' eine wesentlich größere Menge an qualitativ hochwertigen Stangen der Klasse Extra / I gegenüber der ertragsschwächeren Sorte 'Huchels Schneewittchen' hervor. Bei der geringeren Bestandesdichte von 16.000 Pfl./ ha, das entspricht der praxisüblichen Standweite von 160 cm x 40 cm, war zwar das Einzelstangengewicht etwas höher, jedoch wirkte sich das auf das Ertragsergebnis insgesamt nicht aus. Die positive Beeinflussung der Höhe an qualitativ höherwertigen Stangen durch höhere Bestandesdichten bei Grünspargel wurde bisher nur für

die ersten vier Ertragsjahre nachgewiesen. Ob sich diese anbaumethodische Maßnahme ertrags- und qualitätserhöhend auf den gesamten zehnjährigen Erntezeitraum auswirkt, bleibt abzuwarten. Jedoch sind aus betriebswirtschaftlicher Sicht höhere Einnahmen in den ersten Erntejahren bei Spargel auch schon sehr willkommen.

In einer künstlich erzeugten Lageratmosphäre von 4°C bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von mindestens 95% und einer 4% O₂- und 5% bzw. 10% CO₂- Konzentration erzielte der Bleich- und Grünspargel nach einer 2-wöchigen Lagerdauer bei der visuell feststellbaren äußeren Qualität gute Ergebnisse. Bei beiden Spargelsorten gab es jeweils nur beim Bleichspargel eine schwache Veränderung in der Farbe (Rosafärbung). Die Welke fiel schwach aus bzw. trat beim Grünspargel 'Gijnlim' gar nicht auf. Es konnte keine Berostung oder Verholzung festgestellt werden, und auch die Köpfe blieben fest geschlossen.

Bei der 5-wöchigen CA- Lagerung zeigte sich in der Farbe kein Unterschied zur 2-wöchigen Lagerdauer. Dagegen trat Welke bei allen Spargelproben auf. Bei diesem Qualitätsmerkmal reagierten die Spargelstangen recht unterschiedlich und sortenabhängig. Der Grünspargel der Sorte 'Gijnlim' hatte eine schwache, der von 'Huchels Schneewittchen' eine mittlere Welke entwickelt. Beim Bleichspargel tendierte die Welke von mittel bis kräftig, wobei wiederum 'Gijnlim' weniger welkte. Jede Sorte und Anbauform reagierte mit einer geringen Verholzung am Stangenende. Auch hier gab es keine Berostung und die Köpfe waren noch fest geschlossen.

Die leichte Verfärbung der Bleichspargelstangen bedeutet aber bereits einen wesentlichen Qualitätsmangel. Ein sehr schnelles Abkühlen auf niedrige Temperaturen innerhalb einer Stunde nach der Ernte (Schockkühlung) und ein Aufbewahren im Dunkeln sind daher gerade beim Spargel unerlässlich (Böttcher 1996). Es wird meist ein Abkühlen in fließendem kalten Leitungs- oder Eiswasser empfohlen. Viele spargelproduzierende Betriebe verfügen mittlerweile über geeignete technische Vorrichtungen, die sie auch für die Aufbereitung von Spargel für die sofortige Frischmarktbeflieferung erfolgreich einsetzen. Diese Vorkühlung hat sehr schnell nach der Ernte des Spargels zu erfolgen, um besonders effektiv die physiologischen Veränderungen in den sehr jungen Stangen (Trieben) zu minimieren und dadurch qualitätserhaltend zu wirken.

Nach nur 2 Wochen Kühlagerung bei 2- 4°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit über 95% verloren die Spargelstangen im Vergleich zur CA- Lagerung sehr an äußerer Qualität. Spargel der Sorte 'Gijnlim' zeigte beim Grünspargel eine sehr kräftige violette Färbung, beim Bleichspargel eine schwache bis kräftige Rosa/ Violett- Färbung. Die Sorte 'Huchels Schneewittchen' zeigte bei Bleich- und Grünspargel keine Verfärbung. Die Welke variierte

von schwach bis kräftig. Berostung, Verholzung und ein Auflockern der Triebspitzen konnten wahrgenommen werden. Bakterielle Weichfäule trat bei keiner Spargelprobe während der Lagerung auf. Andere Versuchsansteller berichten über diesen Qualitätsverlust- besonders bei Grünspargel. Der Frischgewichtsverlust schwankte zwischen 4 und 13% bei der Kühllagerung und lag bei der CA- Lagerung nur bei 2 bis 3%. Der in perforierte Folie gewickelte Spargel hatte den geringsten Masseverlust. Spargel sollte daher stets in Folienverpackung zur Lagerung kommen, wenn nicht andere Oberflächenbehandlungen, über die weiter unten gesprochen wird, herangezogen werden. Die Trockensubstanzgehalte veränderten sich während der Lagerung wenig und beliefen sich auf 6 bis 8%. Alle organischen Säurewerte stiegen dagegen bei der Kühllagerung bzw. CA- Lagerung an, wobei keine Unterschiede zwischen Grün- und Bleichspargel, wohl aber zwischen den Sorten auftraten. Am deutlichsten nahm die Weinsäure zu. Von den untersuchten Aminosäuren stieg die Asparaginsäure nach der Kühllagerung bei der Sorte 'Gijnlim' um fast das Doppelte an. Die Glutaminsäure erhöhte sich ebenfalls, jedoch nicht ganz so sprunghaft. Alle anderen Aminosäuren nahmen nur leicht zu. Nach der CA- Lagerung lag das Ergebnis von Asparaginsäure nochmals etwas höher als bei der Kühllagerung. Einen Einbruch im Ergebnis gab es bei 'Gijnlim' Grünspargel bei der 2-wöchigen CA- Lagerung mit 10% CO₂. Wichtig ist, daß alle essentiellen Aminosäuren auch nach längerer Lagerzeit im Spargel noch vorhanden sind. Die Pektingehalte stiegen nach der Kühllagerung deutlich an, wobei 'Gijnlim' die höheren Werte aufwies. Auch bei der 2-wöchigen CA- Lagerung stiegen die Werte gegenüber der Kontrolle beim Bleichspargel beider Sorten an, die Grünspargelergebnisse beider Sorten blieben gleich. Die Pektinwerte stehen im Zusammenhang mit den ermittelten Welkeerscheinungen.

Die Spargelstangen, die sich 2 Wochen in der Kühllagerung befanden, waren nicht mehr oder nur bedingt verkaufsfähig. Anders bei der CA- Lagerung, bei der der Spargel auch noch nach 5-wöchiger Lagerung für den Einzelhandel verkaufsfähig, wenn auch nur über wenige Stunden blieb. Böttcher (1996) fand heraus, das verpackter Bleichspargel bis zu 5 Wochen lagerfähig ist, unverpackt nur die halbe Zeit. Grünspargel wird häufig als etwas kürzer lagerfähig eingeschätzt.

Wenn man die O₂- und CO₂- Konzentrationen innerhalb der CA- Lagerung weiter verändert- durch eine noch geringere O₂- und eine noch höhere CO₂- Konzentration- die Temperatur auf 0- 2°C herabsetzt und die Spargelstangen in Dunkelheit lagert, dann sind sie wahrscheinlich über länger als die geprüften 5 Wochen marktfähig zu erhalten. Es wird vermutet, daß der

Spargel dann 7- 8 Wochen ohne allzu große Qualitätseinbußen gelagert werden könnte. Ob das arttypische Aroma sich so lange erhalten läßt, müßte geprüft werden.

Eine weitere, ganz andere Möglichkeit der Qualitätserhaltung von Spargel wäre das Behandeln der Stangen mit Bienenwachs. Bienenwachs enthält natürliche Antibiotika und verhindert so den Befall von Pilzen und Bakterien, die für bestimmte Krankheiten und das Verderben der frischen Spargelstangen verantwortlich sind. Der Spargel sollte zunächst einmal so für die Lagerung nach der Ernte aufbereitet werden wie immer. Doch bevor er für seine weitere Vermarktung verpackt und gelagert wird, sollte er nach dem Schneiden und Trocknen, wenn er sich auf dem Transportband befindet, mittels einer ganz feinen Druckdüse sehr dünn mit dem flüssigen Bienenwachs besprüht (praktisch versiegelt) werden. Nach dem Trocknen kann er dann entweder lose in Kisten oder gebündelt verpackt werden und bei den bereits üblichen Temperaturen mit hoher Luftfeuchtigkeit gelagert werden. Über welchen Zeitraum läßt sich ohne die nötige Forschung nur abschätzen. Aber es könnten mehrere Wochen in normaler Kühllagerung sein.

Auch braucht dieser Spargel keine andere Behandlung beim Verbraucher zu erfahren. Das Bienenwachs läßt sich durchs Schälen der Stangen leicht entfernen und durch den Kochvorgang verschwindet auch das Wachs an den Spargelspitzen wieder. Jedoch ist das Wachsen von Produkten nicht unumstritten (3.1)

Die Ergebnisse zur äußeren und inneren Qualität von frischem und gelagertem Spargel haben deutlich gemacht, daß sich Bleich- und Grünspargel unterschiedlich verhalten. Bei allen Angaben ist also stets der Spargeltyp, auf den sich die Resultate beziehen, anzugeben. Die Angabe „*Asparagus officinalis*- Spargel“, wie noch häufig in der Literatur gebräuchlich, ist nicht ausreichend. In einer Reihe von Fällen dürfte es sogar zweckmäßig sein, die Sorte oder zumindest den Sortentyp, zu nennen. Wie die Untersuchungen mit einer männlichen Hybridsorte und einer gemischtgeschlechtlichen, zur Anthocyanbildung nicht befähigten Spargelsorte gezeigt haben, gibt es auch bei einigen wert- und aromagebenden Inhaltsstoffen erhebliche Unterschiede. Besonders deutlich zeigte sich das z.B. bei den untersuchten organischen Säuren. Für einige spezifische Qualitätsuntersuchungen bei Spargel- wie z.B. Verholzungsgrad- spielen auch die Anteile der Qualitätsklassen und Größensortierungen eine erhebliche Rolle. Da für die kostspielige längere Lagerung nur die höchsten Qualitätsklassen in Frage kommen, wurden sie in dieser Arbeit auch nur zugrunde gelegt.

7 Zusammenfassung

Qualität wird nach ISO 8402 als Gesamtheit von Eigenschaften und Merkmalen eines Produktes, die sich auf deren Eignung zur Erfüllung festgelegter oder vorausgesetzter Erfordernisse beziehen, definiert. Produkte mit hohem Wassergehalt und großer Atmungsrate können erhebliche Qualitätsbeeinträchtigungen in der Nachernteperiode bis zum Verkauf bzw. Verzehr erleiden.

Am Beispiel des Spargels, also junger und physiologisch sehr aktiver Pflanzensprosse, werden äußere und innere Qualitätsmerkmale sowie deren Beeinflussbarkeit durch züchterisch- pflanzenbauliche Maßnahmen und Lagerverfahren einschließlich Vorkühlung und Lagerdauer aufgezeigt. Das im Land Brandenburg gewachsene Untersuchungsmaterial wurde aus einem 2- faktoriellen Parzellenfeldversuch, einem Praxis- Sortenvergleichsversuch und durch Zukauf gewonnen. Bonituren und Sortierung nach äußerlich erfassbaren, Qualitätskriterien sowohl von frisch geerntetem als auch von zwei bzw. fünf Wochen unter Kühl- und CA- Lagerbedingungen (verschiedene Gaszusammensetzungen) gelagerten Grün- und Bleichspargels der männlichen Hybridsorte 'Gijnlim' sowie der gemischtgeschlechtlichen, anthocyanfreien Sorte 'Huchels Schneewittchen' ergaben differenzierte Aussagen zur äußeren Qualität. Untersuchungen von Brix/ Zuckergehalt, Gehalt an Apfel-, Zitronen- und Weinsäure sowie proteinogenen Aminosäuren (speziell essentielle und halbessentielle AS) und Gesamtpektin in den verschiedenen Spargelproben zeigten bei diesen wert- und geschmacksgebenden Inhaltsstoffen die Dynamik in ihrem Auftreten vom Erntezeitpunkt bis zum Auslagerungstermin auf. In diesem Zeitraum wurden auch der Frischgewichtsverlust erfasst und alle Untersuchungswerte stets vergleichend bei beiden Spargelanbauformen sowie beiden Sortentypen betrachtet.

Dem bisherigen Kenntnisstand konnten einige neue Ergebnisse zur unterschiedlichen Qualitätsbildung und Qualitätserhaltungsmöglichkeit bei Grün- und Bleichspargel in Abhängigkeit von Sortenwahl, Bestandesdichte, Lagerverfahren und- dauer hinzugefügt werden. Sie bedürfen aber teilweise noch weiterer modifizierter Bearbeitung bzw. längerer Bearbeitungsdauer.

Literaturverzeichnis

- aid 2002: Vermarktungsnormen für Obst und Gemüse. Herausgeber Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten e.V. Bonn, 1363/2001, 77 –81 ff.
- Baxter, L. und Waters, Jr. L., 1991. Quality changes in asparagus spears stored in a flow-through CA system or in consumer packages. HortScience, **26**, 399-402.
- Beaudry R. M. o.J.: Time- dependent changes in the longitudinal sugar and respiratory profiles of asparagus spears during storage at 0°C. Postharvest Technology and Physiology Laboratory, Department of Horticulture, Glycolytic pathway/data Citations (31).
- Bhowmik P.K., Matsui T., Ikeuchi T. und Suzuki H. 2002: Changes in storage quality and shelf life of green asparagus over an extended harvest season. Postharvest Biology and technology, **26** (3), 323-328.
- Billau W. 1986: Untersuchungen über Lokalisierung und Ausmaß der Lignifizierung in Pflanzen von *Asparagus officinalis* L. unter Berücksichtigung von Sorte, modifizierenden Umweltfaktoren und phenolischen Inhaltsstoffen. Diss. Univ. Hohenheim.
- Blumenkrantz N. und Asboe- Hansen G. 1973: New method for quantitative determination of uronic acids. Analytical Biochem. 54, 484-489.
- Böttcher H. 1996: Frischhaltung und Lagerung von Gemüse. Verlag E. Ulmer, Stuttgart. 213-216.
- Brackett R.E. 1987: Microbiological consequences of minimally processes fruits and vegetables. J. Food Qual. **10**, 195-206.

- Brash D.W., Charles C.M., Wright S. und Bycroft B.L. 1995: Shelf-life of stored asparagus is strongly related to postharvest respiratory activity. *Postharvest Biology and Technology*, **5**, 77-81.
- Brecht J.K., Chau V.K., Fonseca S.C. und Oliveira F.A.R. 2002: CA transport of fresh produce in MAP; designing systems for optimal atmosphere conditions throughout the postharvest handling chain. *Acta Hort.* (Proc. 8th Int. Controlled Atm. Res. Conf.), im Druck.
- Brecht J.K., Chau V.K., Fonseca S.C., Oliveira F.A.R., Silva F.M., Nunes M.C.N und Bender R.J. 2003: Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and vegetables throughout the postharvest handling chain. *Postharvest Biology and Technology*, **27** (1), 87-101
- Cameron A.C., Tasalia P.C. und Joles D.W. 1995: Predicting film permeability needs for modified- atmosphere packaging of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*, **30**, 25-34.
- Chang D. N. 1987: „Asparagus“ In: Weihmann, J. (Ed.), *Postharvest Physiology of Vegetables*. Marcel Dekker, New York, 523-525.
- Clemens M., Feldmann J., Müller F. und Paschold P.-J., 2001: Durch Aufbewahrung des Spargels am Feldrand in Wasser lässt sich die Rotverfärbung deutlich vermindern. *Versuche im deutschen Gartenbau-Gemüsebau* 159.
- Downs C.G., Borst W.M., Hurst P.L. und Stevenson D.G. 1994: Isoforms of glutamine- synthetase in asparagus spears- The cytosolic enzyme increases after harvest. *Plant Cell and Environment* 17 (9), 1045- 1052.
- Evelo R. G. und Horst J. 1996: Modified Atmosphere Packaging of Tomatoes. Controlling Gas and Humidity; *Packaging Technology and Science*, **9**(5), 265- 273.

- Everson, H.P., Waldron, K.W., Geeson, J.D. und Browne K.M. 1992: Effects of modified atmospheres on textural and cell wall changes of asparagus during shelf life. *Int. J. Food Sci. Technol*, **27**, 187-199.
- Flodin C., Jenny H. Bower und Brian D. Patterson 1999: Oxygen permeance: a method applied to modified atmosphere packages containing fresh plant foods. *Packaging Technology and Science*, **12** (4), 185- 191.
- Gimeno R.M.G., Rodriguez A.M.C., Alcala F.B. und Cosano G.Z. 1998: Determination of packaged green Asparagus shelf-life. *Food Microbiology*, **15** (2), 191-198.
- Holcroft D. M. und Kader A. A.1999: Carbon dioxide- induced changes in color and anthocyanin synthesis of stored strawberry fruit. *HortScience*, **34** (7), 1244- 1248.
- Hönemann K. D., und Ziegler J. 1999: Extreme Erntespitzen beim Spargel- kann eine optimale CA- Lagerung helfen? *Spargel & Erdbeerprofi* 1/2, 5-7.
- Hurst P.L. Sinclair ., B.K. und Eason J.R. 1995: Amino acid interfere with ninhydrin assay for asparagines. *Food Chemistry*, **53**, 467- 469.
- Hurst P.L., Boulton G. und Lill R.E. 1998: Towards a freshness test for asparagus: spear tip asparagines content is strongly related to post-harvest accumulated heat-units. *Food Chemistry*, **61** (3), 381-384.
- Huyskens S. 1991: Morphological, physical and biochemical aspects of the cultivation of *Luffa acutangula* (L.) Roxb. And *Momordica charantia* (L.). Dissertation Rheinische Friedrich Wilhelms Universität Bonn.
- Janardhana G.R., Raveesha K.A. und Shetty H.S. 1998: Modified atmosphere storage to prevent mould- induced nutritional loss in maize. *J Sci Food Agric*, **76**, 573- 578.

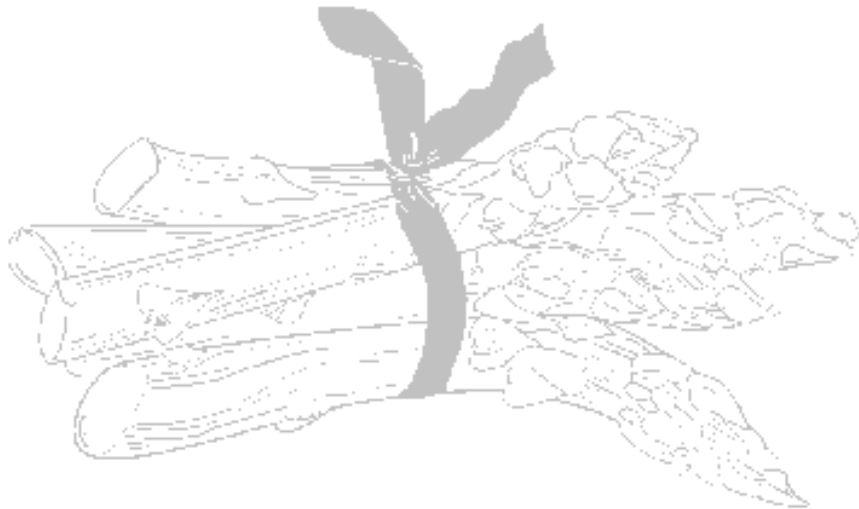
- Kader A.A., Zagory D. und Kerbel E.L. 1989: Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables; Critical Reviews. Food Science and Nutrition, **28** (1), 1-30.
- Kaufmann F. und Pelzer S. 2000: Einfluß von Sorte und Bestandesdichte auf Entwicklung und Ertrag von Grünspargel (*Asparagus off. L.*). Forschungsbericht Institut Gartenbauwissenschaften, Humboldt- Universität Berlin. (inter. Mat.).
- Klieber A und Wills R.B.H. 1992: Optimisation of storage conditions for 'UC 157' asparagus. Aust. J. Exp. Agric, **32**, 529-534.
- Landwirtschaftliche Korrespondenz Nordrhein LCN- Ausgabe 20, 2002.
- Lipton W.J. 1965: Post-harvest responses of Asparagus spears to high carbon dioxide and low oxygen atmospheres. Amer. Soc. Hortic. Sci., **86**, 347- 356.
- Lipton W.J. 1968: Market quality of asparagus- Effects of maturity at harvest, and of high carbon dioxide atmospheres during simulated transit. Marketing research report Nr. 817, 3-7.
- Lipton W.J. 1990: Postharvest biology of fresh asparagus. Hortic. Rev. **12**, 69-149.
- Maier H.G. 1990: Lebensmittel- und Umweltanalytik. Steinkopff Verlag, Darmstadt.
- Nunes M.C.N., Emond J.P. und Brecht J.K. 2001: Temperature abuse during ground and in-flight handling operations affects quality of snap beans. HortScience, **36**, 510 (abstract).
- Nunes M.C.N., Villeneuve S. und Emond J. P. 1999: Retail display conditions affects quality of broccoli florets. Paper no. 277. Proc. 20th Int. Congr. Refr. Sydney, (19-24).

- o. A. 1996: Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 297 vom 21.11.1996.
- Paschold P. J., Hermann G. und Artelt B. 1999: N_{min} – Sollwert 90 kg/ha gewährleistet hohe Erträge an Handelsklasse I auch auf Sandboden mit geringem Humusgehalt. Versuche im deutschen Gartenbau-Gemüsebau, Spargel, 214.
- Paschold P.J. 2000: Aufwuchs und Nährstoffaufnahme von Spargel in wichtigen Phasen der Vegetationszeit im 1. Standjahr bestimmt. Versuche im deutschen Gartenbau-Gemüsebau, Spargel, 161.
- Paschold P.J., Artelt B. und Hermann G. 2001: Durch Frühzeitigkeit besitzt 'Gijnlim' im 2. Standjahr bei kurzer Erntezeit höheres Ertragspotential als 'Grolim'. Versuche im deutschen Gartenbau- Gemüsebau, Spargel, Sortenvergleich Folienbedeckung, 152.
- Paull R.E 1999: Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality. Postharvest Biology and Technology, **15** (3), 263-277.
- Paull R.E. und Jung Chen N. 1999: Heat treatment prevents postharvest geotropic curvature of asparagus spears (*Asparagus officinalis* L.). Postharvest Biology and Technology, **16** (1), 37-41.
- Peppelenbos H.W. und van't Leven J. 1996: Evaluation of four types of inhibition for modelling the influence of carbon dioxide on oxygen consumption of fruits and vegetables. Postharvest Biology and Technology, **7** (1-2), 27-40.
- Peppelenbos H.W., Brien L. und Gorris L.G.M. 1998: The influence of carbon dioxide on gas exchange of mungbean sprouts at aerobic and anaerobic conditions. J Sci Food Agric, **76**, 443- 449.

- Peppelenbos H.W., Tijskens L.M.M., van't Leven J. and E.C. Wilkinson 1996: Modelling oxidative and fermentative carbon dioxide production of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, **9** (3), 283- 295.
- Remon S., Ferrer A., Marquina P., Burgos J. und Oria R. 2000: Use of modified atmospheres to prolong the postharvest life of Burlat cherries at two different degrees of ripeness. *J Sci Food Agric* **80**, 1545-1552.
- Rodrigues A.S., und AS Rosa E. 1999: Effect of post-harvest treatments on the level of glucosinolates in broccoli. *J Sci Food Agric*, **79**, 1028-1032.
- Rosen A. 2002: Schriftl. Mitt. Fa. Dtsch. Spargelzucht GbR, D-23881 Alt-Möln.
- Sanz C., Pérez A.G., Olias R., und Olias J.M. 1999: Quality of strawberries packed with perforated polyethylene. *J. Food Sci.* **64**, 748-752.
- Schouten S.P. 1995: CA- Lagerung bei einigen Gemüsearten. *Gemüse* **31**, 87-90.
- Schreiner M., Schonhof I. und Krumbein A.1998: Neue Dimensionen der Produktqualität- Bioaktive Substanzen im Gemüse. *Gemüse* **2**, 80- 84.
- Sheng, S., Kraft, J.J. und Schuster S.M.1993: A spezific quantitative colorimetric assay for L-asparagine. *Anal. Biochem.*, **211**, 242-249.
- Siomos A.S., Dogras C. und Sfakiotakis E. 1995: Effect of temperature and light during storage on the composition and color of white asparagus spears. *Acta Horticulturae*, **379**, 359-365.
- Siomos A.S., Dogras C. und Sfakiotakis E.M. 2001: Color development in harvested white asparagus spears in relation to carbon dioxide and oxygen concentration. *Postharvest Biology and Technology*, **23**, 209-214.

- Siomos A.S., Sfakiotakis E. und Dogras C. 1994: Effect of temperature and light on the texture of stored white asparagus spears. *Acta horticulturae* 368, Postharvest, **93**, 167- 176.
- Siomos A.S., Sfakiotakis E., Dogras C. und Vlachonasios C. 1995: Handling and transit conditions of white asparagus shipped by refrigerated trucks from Greece to Germany. *Acta Horticulturae*, **379**, 507-512.
- Siomos A.S., Sfakiotakis E., Dogras C. und Vlachonasios C. 1995: Quality changes during and transportation of white asparagus shipped by refrigerated trucks from Greece to Germany. *Acta Horticulturae*, **379**, 513- 520.
- Siomos A.S., Sfakiotakis, E.M. und Dogras C. 2000: Modified atmosphere packaging of white asparagus spears: composition, colour and textural quality response to temperature and light. *Sci. Hortic.* **84**,1-13.
- Sozzi G.O., Trinchero G.D. und Frascina A.A. 1999: Controlled-atmosphere storage of tomato fruit: low oxygen or elevated carbon dioxide levels alter galactosidase activity and inhibit exogenous ethylene action. *J Sci Food Agric*, **79**, 1065- 1070.
- Suarez V.M.J., Cuenca R.A, Sevilla R.M.D., Moreno H.A. 1999: Postharvest storage of white asparagus (*Asparagus officinalis* L.): changes in dietary fiber (Nonstarch polysaccharides). *Journal Agric. Food Chemistry* **47**(9), 3832-3836.
- Tano K., Arul J., Doyon G. und Castagne F. 1999: Atmospheric composition and quality of fresh mushrooms in modified atmosphere packages as affected by storage temperature abuse. *J. Food Sci.* **64**, 1073-1077.
- Tomkins R.B. und Cumming B.A. 1988: Effect of pre-packaging of asparagus quality after simulated transportation and marketing. *Sci. Hortic.* **36**, 25-35.

- Watkins C.B., Manzona-Mendez J.E., Nock J.F., Jianzhi Zhang und Maloney K.E. 1999: Cultivar variation in response of strawberry fruit to high carbon dioxide treatments. *J Sci Food Agric*, **79**, 886- 890.
- Zurera G., Munoz M., Moreno R., Gonzalez J.A., Amaro M.A. und Ros G. 2000: Cytological and compositional evalution of white asparagus spears as a function of variety, thickness, portion and storage conditions. *Journal Science Food and Agriculture*, **80**, 335-340.



Danksagung

Wie es bei mancher Dissertationsarbeit üblich ist, konnte auch dieser Text nicht ohne Unterstützung entstehen. Im Laufe der Jahre haben sich einige Personen an der Weiterentwicklung dieser Arbeit beteiligt. An diese Stelle soll denen gedankt werden, die durch ihre Anregung und Kritik zu einer Verbesserung dieser Arbeit beigetragen haben.

Insbesondere möchte ich Fr. Prof. Dr. Kaufmann für ihre ausgezeichnete Betreuung und Zusammenarbeit danken. Nicht nur am Konzept und der Gestaltung dieser Arbeit war sie wesentlich beteiligt, auch der Teilhabe an ihrem Wissensschatz und ihrer Kompetenz verdanke ich außerordentlich viel. Ihre hilfreichen Kommentare und Anregungen haben mir sowohl bei der Durchführung von Experimenten als auch bei der Erstellung der endgültigen Fassung dieser Arbeit sehr geholfen. Zudem lernte ich sie als humorvolle Person kennen, die mir durch ihre humane Haltung mit Geduld und sanftem Druck in schwierigsten Zeiten standzuhalten half.

Auch weiteren Personen möchte ich auf diesem Weg meinen Dank aussprechen, zunächst dem Institutsdirektor Prof. Dr. Geyer für seine wissenschaftliche Unterstützung und für die Hilfe bei der Bewältigung von Schwierigkeiten bei der Durchführung von Experimenten und Laborarbeiten.

Mein besonderer Dank gilt Dr. Feyerabend für seine Einblicke in die wissenschaftlichen Aspekte. Die von ihm zur Verfügung gestellte materielle Unterstützung in jeglicher Form war umfangreich und wesentlich, insbesondere für den wichtigen Teil dieser Arbeit CA-Lagerung, für den er sich verantwortlich fühlte und zeichnete.

Zu danken ist auch Fr. Stüdemann der „guten Seele“ aus dem Sekretariat für ihre ständige Hilfsbereitschaft bei der Vermittlung von Informationen und Klärung von Problemen. Sie erleichtert allen Studierenden die Kompliziertheit der Bürokratie.

Dem Dipl. Ing. Ag. & Informatiker Herrn, Yousri Abdel Monim sei gedankt für seine Hilfe bei der Fachliteratur und freundschaftlicher Begleitung der Arbeit.

Außerdem möchte ich an dieser Stelle meiner liebevollen Frau für ihre Geduld, Toleranz und tatkräftige Unterstützung während der Fertigstellung dieser Arbeit danken. Ihre Haltung hat mir die nötige Kraft und Ruhe zum Arbeiten gegeben.

Schließlich gilt mein Dank dem Land Ägypten, das mir dieses Promotionsstipendium ermöglichte und finanzierte, und hier besonders Prof. Dr. Mohammed Raafat Mahmoud, Präsident der Assiut- Universität in Assiut für seine Unterstützung im In- und Ausland.

L E B E N S L A U F

Name : Alaa Abd El-Gaber Badawi Masoud
Geburtsdatum : 27. Oktober 1962
Geburtsort : Sohag/ Ägypten
Nationalität : Ägypter

Zeitangaben zum Ausbildungsgang

1968 – 1974 : Grundschule in Tahta/ Sohag
1974 - 1978 : Oberschule (Sekundär- Stufe) in Tahta/ Sohag
1978 – 1980 : Oberschule (Gymnasium) in Tahta/ Sohag
1980 – 1984 : **B. Sc.** der Agrarwissenschaften Fachgebiet Gartenbauwissenschaft
1984 – 1997 : als Dozent an der Assuit- Universität von Assiut beschäftigt
1985 – 1986 : Soldat beim Ägyptischen Militär (Spezialeinheit)
1986 – 1991 : **M. Sc.** der Agrarwissenschaften FG. Gartenbauwissenschaft
Thema: „**Auswertung einiger eingeführter und am Ort
vorhandener Feigenzüchtungen unter den klimatischen
Bedingungen Assiuts**“
1995 : mehrere Computerkurse
1997 : Ägyptisches Stipendium für **Ph. D.** in Deutschland bekommen
1997 - 1998 : mehrere Deutsch Sprachkurse am Goethe Institut Bremen und
Sprachzentrum der Universität Berlin
Seit Jun. 1998 : als Doktorand an der Humboldt- Universität zu Berlin Landwirt-
schaftlich- Gärtnerischen Fakultät angenommen
Dissertationsthema: **Zur Qualitätsausbildung und Qualitäts-
Erhaltung gartenbaulicher Produkte (am Beispiel von
Asparagus officinalis L.)**

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, daß ich die vorgelegte Arbeit selbstständig und ohne unerlaubte Hilfe verfaßt und andere als die angegebenen Hilfsmittel nicht benutzt habe.

Berlin, den 30. Mai 2003

Alaa Masoud

